



青藏高原研究 横断山考察专集

中国科学院青藏高原综合科学考察队

2

北京科学技术出版社

STUDIES IN QINGHAI—XIZANG (TIBET) PLATEAU
SPECIAL ISSUE OF
HENGDUAN MOUNTAINS SCIENTIFIC EXPEDITION

青 藏 高 原 研 究

横 断 山 考 察 专 集 (二)

中国科学院青藏高原综合科学考察队

中国科学院图书馆

植物所图书馆



STUDIES IN QINGHAI-XIZANG (TIBET) PLATEAU

SPECIAL ISSUE OF
HENGDUAN MOUNTAINS SCIENTIFIC EXPEDITION

(II)

THE COMPREHENSIVE SCIENTIFIC EXPEDITION TO THE
QINGHAI-XIZANG PLATEAU, THE CHINESE
ACADEMY OF SCIENCES

北京科学技术出版社

BEIJING SCIENCE & TECHNOLOGY PRESS

24370

中科院植物所图书馆



S0015473

内 容 提 要

《青藏高原横断山考察专集》(二), 包括地质、自然地理、生物区系、自然资源等四部分, 共纳入了62篇文章。这些文章是中国科学院青藏高原综合科学考察队在1982年野外考察的基础上, 经科学地分析、总结, 从不同的侧面对横断山地区地质特点, 自然地理特征和自然灾害的发生规律及其防治; 生物区系的形成、演变进行了探讨。同时对于国民经济建设和生产发展有关的农业自然资源进行了综合评价并提出了开发利用意见。这些资料为阐明横断山的形成、演化及其对自然环境和人类活动的影响提供了科学依据, 可供科研、生产、教学部门参考应用。

青藏高原研究 横断山考察专集(二)

中国科学院青藏高原综合考察队

*

北京科学技术出版社出版

(北京西直门外南路19号)

北京市新华书店发行 各地新华书店经售

中国科学技术情报研究所印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 40印张 1,000,000字

1986年3月第一版 1986年3月第一次印刷

印数1—2,000

书号 13274·012 定价 8.40 元

《青藏高原研究》顾问

王云章 张文佑 刘东生 李星学 吴征镒
吴传钧 杨敬之 郑作新 郑丕留 胡淑琴
陶诗言 秦仁昌 徐 仁 涂光炽 席承藩
高由禧 贾慎修 施雅风 黄秉维

Consultant of Studies in Qinghai-Xizang(Tibet)plateau

Gao You-xi	Hu Shu-qin	Huang Bing-wei
Jia shen-xiu	Li Xing-xue	Liu Dong-sheng
Qin Ren-chang	Shi Ya-feng	Tao Shi-yan
Tu Guang-zhi	Wang Yun-zhang	Wu Chuan-jun
Wu Zheng-yi	Xi Cheng-fan	Xu Ren
Yang Jing-zhi	Zhang Wen-you	Zheng Pei-liu
Zheng Zuo-xin		

《青藏高原研究》编辑委员会

主 编: 孙鸿烈

副主编: 李文华 程 鸿

编 委: 孔昭宸 孙广友 张玉泉 张荣祖 张遵信
李吉均 李致祥 苏 珍 陈传友 佟 伟
林永烈 宗冠福 武素功 赵尔宓 杨逸畴
唐邦兴 高以信 高礼存 高登义 曹文宣
章铭陶 韩裕丰 温景春 潘裕生 魏江春

Editorial Board of Studies in Qinghai-Xizang(Tibet) plateau

Chief Editor	Sun Hong-lie	
Deputy chief editors	Li Wen-hua	Cheng Hong
Members of Editorial Board		
Cao Wen-xuan	Chen Chuan-you	
Gao Deng-yi	Gao Li-cun	Gao Yi-xin
Han Yu-feng	Kong Zhao-chen	Li Ji-jun
Li Zhi-xiang	Lin Yong-lie	Pan Yu-sheng
Sun Guang-you	Su Zhen	Tang Bang-xing
Tong Wei	Wei Jiang-chun	Wen Jing-chun
Wu Su-gong	Yang Yi-chou	Zhang Lin-xin
Zhang Ming-tao	Zhang Rong-zu	Zhang Yu-quan
Zhao Er-mi	Zong Guan-fu	

前 言

辽阔的青藏高原，包括西藏全部、青海南部，以及四川西部和云南西北部。大部分地区在海拔4000米以上，四面以巨大的落差急剧下降，衬托出世界屋脊的磅礴气势，素有世界第三极之称。由于青藏高原独特的地质历史和自然条件、丰富的生物组成和生物群落类型，成为地球上一个独具特色的地理单元。青藏高原蕴藏着丰富的自然资源，又是许多少数民族生活和居住的地区，且地处边陲，合理保护和开发这一地区的自然资源，对发展经济，改善人民生活，以及巩固民族团结和加强国防建设都有重要意义。

为了探索青藏高原形成和演变的历史，研究自然条件的特点及其对周围环境的影响，研究自然资源的数量和质量及其合理开发利用的途径，解放后，中国科学院对这里进行了多次科学考察，特别是自1973年起组织了青藏高原综合科学考察队，对这一地区进行了更为全面、系统的综合性研究。

1973—1980年期间，考察队重点对西藏自治区进行了考察。其科学成果将集中反映在陆续出版的《青藏高原科学考察丛书》及论文集和画册中。有些成果在实际生产中已得到推广和应用，在国际和国内产生了较为深远的影响。

考察队从1981年起将考察研究的重点转移到横断山区。横断山地处我国西南的藏东、川西和滇西北一带，是青藏高原的一个组成部分。在行政区域上包括西藏自治区的昌都地区、四川省阿坝、甘孜、凉山及云南省丽江、迪庆、怒江和大理等地（州）区，总面积约50万平方公里。

横断山脉在地质构造上处于南亚大陆与欧亚大陆镶嵌交接带的东翼，是我国东部环太平洋带与西部古地中海带间的过渡地带。地质构造复杂，新构造运动活跃。本区地势由西北向东南倾斜，大部为高山峡谷，山脉、河流南北纵贯，相间并列，高差很大，自然地理条件独具一格，生物区系绚丽多彩，且富含古老和孑遗类型，是研究生物和地学中许多重大理论问题的关键性地区。

横断山地区自然资源丰富，尤以多种矿产、水利、森林、草场等资源最为丰富。但是随着人口的增长和开发利用的加剧，自然资源承受的人类压力日益加大，有些地区生态平衡遭到了破坏。为了合理利用自然资源，必须研究本区的自然资源特点，探索其合理保护利用与开发的方向和途径。

横断山考察工作主要围绕七个课题进行：①横断山脉形成的原因和地质历史；②横断山自然地理特征及其与高原隆起的关系；③横断山区自然垂直地带的结构及其规律；④横断山区生物区系的组成；⑤横断山区自然保护与自然保护区；⑥横断山区农业自然资源的评价及其合理开发利用；⑦横断山区动能与矿产资源的开发技术经济评价及工业交通布局。

考察研究工作范围大体为：1981年重点考察滇西北及川西地区南部，1982年重点考察川西地区的中、南部，1983年重点考察川西地区的中北部。

考察工作由中国科学院自然资源综合考察委员会负责组织领导，参加考察的单位包括中国科学院生物、地学方面有关的研究所、高等院校和地方生产部门共30余个单位，250人左右，涉及的专业达40余个分枝学科。为了使科学考察研究成果能尽快地在学术界交流并及时提供有关计划、生产部门参考，我们编辑出版了《青藏高原研究》年刊。本刊除刊登我队科

学考察的成果外，也欢迎外单位同行积极投稿，同时还准备报导国外对一些山地研究，特别是喜马拉雅地区科学研究的动态。

《青藏高原研究》是一株刚刚诞生的“幼苗”，需要有关科研、教学和生产部门的工作者关心爱护和支持。使之能在探索青藏高原的奥秘、建设社会主义的事业中发挥积极的作用。

中国科学院自然资源综合科学考察队

目 录

横 断 山 地 区 地 质

1. 西藏东部中奥陶统的发现及奥陶系的划分对比
.....陈挺恩、耿良玉、方宗杰、王克良 (1)
2. 云南孟连县晚古生代放射虫化石.....李红生 (8)
3. 西藏芒康县海通晚二叠世双壳类动物群的发现及其意义.....方宗杰 (16)
4. 横断山及其邻区缅甸蛤层的地质时代和卡尼-诺利阶界线.....陈金华 (24)
5. 四川理塘地区拉纳山组植物化石.....陈 晔、陈明洪、孔昭宸 (32)
6. 西藏东部发现景星化石动物群.....陈金华、曹美珍、林启彬、刘秀英 (47)
7. 古新世特提斯海东端古地理轮廓及滇西古新世海侵问题.....吴浩若 (55)
8. 横断山区中段——兰坪新第三纪植物化石群及其意义.....陶君容 (58)
9. 四川理塘始新统热鲁组化石植物群特征及按属的历史.....郭双兴 (66)
10. 四川理塘木拉组植物化石及古气候、古地理的探讨.....陈明洪、孔昭宸、陈 晔 (71)
11. 云南剑川秋木山地区全新世孢粉组合及对古植被、古气候的讨论
.....孔昭宸、杜乃秋、高秀林、黄兴根、林兰汝 (80)
12. 横断山脉中、北段几个新生代地层剖面的初步观察.....陈万勇、宗冠福、徐钦琦 (86)
13. 四川阿坝藏族自治州第四纪哺乳动物化石.....宗冠福、徐钦琦 (95)
14. 横断山脉花岗岩类时代.....张玉泉、戴樟谟、谢应雯、胡国相、洪阿实 (101)
15. 横断山地区前寒武纪含锡花岗岩地球化学特征初步研究
.....谢应雯、张玉泉、胡国相 (106)
16. 哀牢山—金沙江富碱侵入岩带地球化学特征.....谢应雯、张玉泉、胡国相 (114)
17. 云南景谷县半坡镁铁质和超镁铁质堆晶岩——一个可能的阿拉斯加型岩体
.....张 旗、李达周、张魁武、伊丽莹、王德恭 (125)
18. 云南孟连地区火山岩的岩石化学和地球化学特征及其地质意义
.....李达周、张 旗、张魁武 (137)
19. 滇西德钦—维西—云县—景洪一带火山岩的岩石化学特征和成因的讨论
.....张魁武、张 旗、李达周 (147)

横 断 山 自 然 地 理 特 征

20. 横断山北段地区的自然垂直带.....高生淮、郑远昌 (159)
21. 四川西部自然地理分异.....刘燕华 (169)
22. 滇西北、川西南地区地貌的基本特征.....李炳元、王富葆 (174)
23. 喜马拉雅及横断山脉对降水时空分布的影响.....高登义、严江征 (184)
24. 横断山地区北段湖泊的成因类型及其分布规律的初步研究
.....杨留法、伍贻范、陈义华 (200)

25. 程海的水文状况及水量平衡.....李 江、范云崎(207)
26. 横断山北段植被考察.....李鼎甲(221)
27. 四川西部地区山地寒温带暗针叶林-棕色暗针叶林土带的基本特征.....钟祥浩(231)
28. 贡嘎山冰川的考察研究.....冯兆东、姚檀栋、李吉均、宋明琨(241)
29. 贡巴冰川的水文特征.....安成谋(255)
30. 稻城古冰帽发育模式.....李吉均、姚檀栋、冯兆东(269)
31. 横断山北段第四纪冰川作用.....刘淑珍、柴宗新、陈继良(280)
32. 横断山区东部泥石流分布规律、类型特点及发展趋势.....吕儒仁(288)
33. 横断山地区近期泥石流灾害分析.....谭万沛、柳素清(296)
34. 横断山地区暴雨泥石流活动的基本特征.....谭万沛、唐邦兴(301)
35. 横断山东北部地区人为泥石流.....柳素清、唐邦兴、谭万沛(310)
36. 森林火灾与泥石流.....柳素清、谭万沛(316)
37. 四川甘洛利子依达沟泥石流堆积物特征的初步分析——粒度和石英颗粒
表面结构的特征.....刘世建(320)

横断山地区生物区系的形成和演化

38. 横断山南段及中段的鸟类区系调查.....唐蟾珠、徐延恭(327)
39. 横断山区鸟类区划地位及其演变
 - I. 沙鲁里山南段鸟类区系及垂直分布.....郑宝贵、杨 岚(361)
40. 横断山区鸡类的分布与食性.....杨 岚、潘汝亮(397)
41. 横断山两栖爬行动物研究——蛙科湍蛙属一新种.....江耀明(409)
42. 川西、滇北金沙江河谷的植物区系.....武素功、李沛琼(416)
43. 四川卧龙自然保护区兰科植物的地理分布和区系特点.....朗楷永(432)
44. 横断山脉苔藓植物特有属和新记录初报.....罗健馨、汪楠芝(442)
45. 独龙江流域的真菌区系特点和真菌资源评价.....臧 穆、张大成(453)

横断山地区自然资源评价及其利用

46. 甘孜州南部地区农业类型与农业分区.....孙尚志(459)
47. 甘孜南部山地农业垂直分带与布局问题.....朱国金(470)
48. 贡嘎山地区气候条件的农业评价与利用.....张先发、钟祥浩(478)
49. 横断山区干旱河谷及其造林树种.....何其果(484)
50. 若尔盖草场的土壤特征及其利用与改良.....李明森(498)
51. 四川省甘孜藏族自治州地热资源初步评价.....张知非、廖志杰、周长进、吴持政(503)
52. 川西甘孜拖坝盆地和理塘毛垭坝盆地, 两水热区土壤汞异常的初步研究.....吴持政(510)
53. 腾冲芒棒盆地的地温曲线和估算热流值的初步研究.....过帼颖、张保山(515)
54. 茶洛间歇泉.....张知非、周长进、吴持政(522)
55. 四川邛海、马湖鱼类资源及其利用问题.....庄大栋、高礼存(528)
56. 马湖的水化学状况及其对渔业生产影响.....胡文英、潘红奎(534)

57. 马湖的浮游动物.....张 立、郭晓鸣(543)
58. 云南洱海的形成、演变与鱼类区系的演替及其分化的初步研究
.....高礼存、庄大栋(549)
- ✓ 59. 云南洱海水生植被的初步研究.....戴全裕(557)
60. 云南洱海的摇蚊幼虫及水蚯蚓.....颜京松(567)
61. 横断山地区主要湖泊底泥肥力状况的初步分析.....隋桂荣(574)
62. 四川金川八步里沟泥石流综合治理规划.....李德基、柳素清(579)

CONTENTS

GEOLOGY OF THE HENGDUAN MOUNTAINS

1. MIDDLE ORDOVICIAN IN EASTERN TIBET; SUBDIVISION AND COMPARATIVE STUDY
.....Chen Tingen Geng Liangyu Fang Zongjie Wang Kelian (7)
2. LATE PALEOZOIC RADIOLARIA FROM MENGLIAN COUNTY, YUNNAN PROVINCE..... Li Hong-sheng (15)
3. DISCOVERY OF FOSSIL BIVALVES FROM LATE PERMIAN OF HAITONG, MARKAM, XIZANG WITH SPECIAL REFERENCE TO THEIR PALAEOBIOGEOGRAPHY PROVINCES..... Fang Zongjie (22)
4. ON THE GEOLOGICAL AGES OF *BURMESIA* BEDS AND THE BOUNDARY BETWEEN CARNIAN AND NORIAN IN HENGDUAN MOUNTAINS AND ITS ADJACENT REGIONS.....Chen Jinhua (31)
5. LATE TRIASSIC FOSSIL PLANTS FROM LANASHAN FORMATION OF LITANG DISTRICT, SICHUAN PROVINCE
..... Chen Ye Chen Minghong Kong Zhaochen (46)
6. DISCOVERY OF JINGXING FAUNA IN EASTERN TIBET
.....Chen Jinhua Cao Meizheng Lin Qibing Liu Xouying (53)
7. PALAEOGEOGRAPHIC OUTLINE OF THE EAST END OF TETHYS DURING THE PALAEOCENE AND THE PROBLEM ON PALAEOCENE TRANSGRESSION IN WESTERN YUNNAN..... Wu Haoruo (56)
8. NEOGENE FLORA OF LANPIN AND ITS SIGNIFICANCE IN MIDDLE WATERSHED OF SELWEEN-MEKONG-YANTZE RIVERS
..... Tao Junrong (64)
9. AN EOCENE FLORA FROM THE RELU FORMATION IN LITANG COUNTY OF SICHUAN AND THE HISTORY OF EUCALYTUS
.....Guo Shuangxin (70)
10. PLANT FOSSILS FROM MULA FORMATION IN LITANG COUNTY AND THEIR SIGNIFICANCE IN PALAEOGEOGRAPHY AND PALAEOCLIMATE
.....Chen Minghung Kong Zhaochen Chen Ye (78)
11. PALYNOLOGICAL ANALYSIS OF THE QIUMUSHAN REGION IN JISNCHUAN COUNTY OF HOLOCENE AND ITS SIGNIFICANCE
..... Kong Zhaochen Du Naiqiu Gao Xiulin Huang Xinggen Lin Linrn (85)
12. PRELIMINARY OBSERVATIONS ON SOME CENOZOIC SECTIONS IN THE NORTHERN AND CENTER PARTS OF THE HENGDUAN MOUNTAINS Chen Wanyong Zong Guanfu Xu Qinqi (92)
13. LATE PLEISTOCENE MAMMALIAN FOSSILS FROM THE EASTERN BORDER OF QINGHAI-XIZANG PLATEAU Zong Guanfu Xu Qinqi (100)

14. AGE OF GRANITOIDS IN THE HENGDUAN RANGE
.....Zhang Yuquan Dai Tongmo Xie Yingwen Hu Guoxiang Hong Ashi(104)
15. PERLIMINARY INVESTIGATION ON GEOCHEMICAL CHARACTERIS-
TICS OF PRE-CAMBRIAN SN-BEARING GRANITOIDS OF THE HENG-
DUANMOONTAINXie Yingwen Zhang Yuquan Hu Guoxiang(113)
16. GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF ALKALI-RICH INTRUSIVE
BELT ALONG AILAOSHAN-JINSHAJIANG
.....Xie Yingwen Zhang Yuquan Hu Guoxiang(124)
17. ULTRAMAFIC AND MAFIC CUMULATES IN BANPO AREA OF JINGU
COUNTY, YUNNAN PROVINCE; A PROBABLE ALASKA-TYPE PLUTON
.....Zhang qi Li Dazhou Zhang Kuiwu Yi Liyin Wang Degong(136)
18. PETROCHEMISTRY, GEOCHEMISTRY AND GEOLOGICAL SIGNI-
FICANCE OF VOLCANIC ROCKS IN MENGLIAN AREA, YUNNAN
PROVINCE..... Li Dazhou Zhang Qi Zhang Kuiwu(146)
19. PETROCHEMISTRY OF VOLCANIC ROCKS IN DEQIN-WEIXI-YUNXIAN-
JINGHONG ZONE, WESTERN YUNNAN AND DISCUSSIONS ON THEIR
GENESIS..... Zhang Kuiwu Zhang Qi Li Dazhou(156)

THE CHARACTERISTICS OF PHYSICAL GEOGRAPHY OF THE HENGDUAN MOUNTAINS

20. THE CHARACTERISTICS OF VERTICAL NATURAL ZONATION IN THE
NORTHERN PART OF MOUNT HENGDUAN
.....Gao Chengzhun Zheng Yuanchang(167)
21. REGIONAL DIFFERENCES OF WESTERN SICHUAN Liu Yanhua(173)
22. BASIC CHARACTERISTICS OF LANDFORMS IN THE NORTHWEST
YUNNAN AND SOUTHWEST SICHUAN AREA
.....Li Bingyuan Wang Fubao(183)
23. THE EFFECTS OF THE HIMALAYS AND HENGDUAN MOUNTAINS ON
THE TIME-SPACE DISTRIBUTION OF PRECIPITATION
..... Deng-yi Gao Jing-zheng Yan(199)
24. A PRELIMINARY STUDY ON THE GENETIC TYPES AND DISTRIBU-
TION PATTERNS OF LAKES OF NORTH HENG DUAN MOUNTAINS
..... Yang Liufa Wu Yifan Chen Yihua(206)
25. THE HYDROLOGICAL CONDITIONS AND WATER BALANCE OF CHE-
NGHAL LAKEJi Jiang Fan Yunqi(220)
- ✓ 26. THE VEGETATIONAL INVESTIGATION ON THE NORTH HENG-DUAN
MOUNTAIN..... Li Dingjia (229)
27. CHARACTERISTICS OF MOUNTAIN COLD-TEMPERATE DARK CON-
IFEROUS FOREST-BROWN DARK CONIFEROUS FOREST SOIL ZONE OF
WESTERN REGION IN SICHUAN..... Zhong Xianghao(239)

28. INVESTIGATIONS ON GLACIERS IN GONGGA SHAN
.....Feng Zhaodong Yao Tandong Li Jijun Sun Minkong(253)
29. THE HYDROLOGIC FEATURES OF GONBA GLACIER..... An Chengmo(267)
30. THE DEVELOPMENT MODEL OF THE DAO-CHENG FORMER ICE CAP
.....Li Jijun Yao Tanlin Feng zhaodong(279)
31. QUATERNARY GLACIAL ACTION AND ITS CHARACTERISTICS IN THE
NORTHERN PART OF MOUNT HENGDUAN
.....Liu Shuzheng Chai Zhongxin Chen Jiliang(286)
32. THE REGULARITY OF DISTRIBUTIVE, TYPE CHARACTERISTICS AND
DEVELOPMENTAL TENDENCY OF DEBRIS FLOWS IN THE EAST
HENGDUAN MOUNTAIN Lü Ruren(294)
33. AN ANALYSIS OF RECENT DEBRIS FLOW HAZARDS IN THE HENG-
SUAN MOUNTAIN REGION.....Tan Wanpei Liu Suqing(299)
34. BASIC CHARACTERISTICS OF RAINSTORM DEBRIS FLOWS IN HENG-
DUAN MOUNTAIN REGION.....Tan Wanpei Tang Bangxing(309)
35. MAN-MADE DEBRIS FLOWS IN THE NORTHEAST HENGDUAN MOUN-
TAIN..... Liu Suqing Tang Banxing Tan Wanpei(315)
36. FOREST FIRE AND DEBRIS FLOWS..... Liu Suqing Tan Wanpei(319)
37. A PERLIMINARY ANALAYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF DEBRIS
FLOW DEPOSITS AT THE LIZIYIDA GULLY, AND CANLOOF SICHUAN
PROVINCE Liu Shijian(324)

THE FORMATION AND EVOLUTION OF FAUNA AND FLORA OF HENGDUAN MOUNTAINS

38. ON THE AVIFAUNA OF THE SOUTH AND MIDDLE SECTOR OF THE
HENGDUAN MOUNTAINSTang Chan-zhu Xu Yan-gong(360)
39. ON THE ZOOGEOGRAPHICAL POSITION AND TRANSFORMATION OF
AVIFAUNA OF TRANS-HIMALAYAS.....Zheng Baolai Yang Lan(395)
40. THE DISTRIBUTION AND THE FOOD-HABIT OF GALLIFORMES
BIRDS IN THE HENGDUAN MOUNTAIN RANGES OF CHINA
.....Yang Lan Pan Ru-liang(408)
41. STUDIES ON AMPHIBIANS AND REPTILES FROM HENGDUAN MOUN-
TAIN Jiang Yaoming(414)
42. FLORA OF THE JINSHAJIANG RIVER VALLEY OF WESTERN SICHUAN
AND NORTHERN YUNNAN.....Wu Su-kung Li Pei-qiong(431)
43. THE GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION AND FLORISTIC FEATURES OF
THE ORCHIDS IN THE XOLONG WATURAL CONSERVATION AREA
IN SICHUAN Lang Kai-yung(440)
44. A PERLIMINARY REPORT ON SOME ENDEMIC GENERA AND A NEW
RECORD OF BRYOPHYTES OF THE HENGDUAN MOUNTAINS

- Lou Jian-shing Wang Mei-zh(452)
- ✓ 45. THE CHARACTERISTICS OF MYCOFLORA AND THE EVALUATION
OF FUNGAL RESOURCES FROM TU LUNG RIVER VALLEY
- Zang Mu Chang Da-ching(458)

**THE EVALUATION, UTILIZATION AND CONSERVATION
OF NATURAL RESOURCES OF THE HENGDUAN MOUNTAINS**

46. THE AGRICULTURE TYPES AND REGIONALIZATION OF SOUTHERN
GANZI AUTONOMOUS PREFECTURE Sun Shangzhi(469)
47. THE VERTICAL ZONES AND THE ALLOCATION OF AGRICULTURE
IN THE MOUNTAINS OF SOUTH GANZI.....Zhu Guojin(476)
48. AGRICULTURAL APPRAISAL OF CLIMATICAL CONDITION IN GO-
NGGA MOUNTAIN REGION..... Zhang Xianfa(483)
- ✓ 49. THE ARID VALLEYS IN THE HENGCDUAN MOUNTAIN REGION AND
ITS TREES SPECIES OF THE AFFORESTATION He Qi-guo(496)
50. CHARACTERISTICS AND UTILIZATION OF THE GRASSLAND SOILS
IN ZOIGE.....Li Mingsen(501)
51. PERLIMINARY ASSESSMENT OF GEOTHERMAL RESOURCES OF THE
GANZI ZANG NATIONALITY AUTONOMOUS PREFECTURE, SICHUAN
PROVINCE.....Zhang Zhifei Liao Zhijie Zhou Changin wu Chizhzng(509)
52. PRELIMINARY RESEARCH ON SOIL MERCURY ANOMALY IN TUOBA-
BASIN GEOTHERMAL AREA OF GANZI AND MAOYABA-BASIN GEO-
THERMAL AREA OF LITANG, WESTERN SICHUAN PROVINCE
- Wu Chizheng(514)
53. PRELIMINARY OBSERVATIONS ON TEMPERATURE PROFILES AND
ESTIMATED HEAT FLOW IN TENGCHONG MANGBANG BASIN
- Guo Guoying Zhang Baoshan(520)
54. GEYSERS IN CHALUO HYDROTHERMAL AREA
- Zhang Zhifei Zhou Changjin Wu Chizheng(526)
55. STUDIES ON THE FISHES OF QIONGHAL AND MAHU LAKE IN SI-
CHUAN PROVINCE AND THEIR RATIONAL UTILIZATION
-Zuan Dadon Gao Lichun(533)
56. HYDROCHEMICAL CONDITIONS AND ITS INFLUENCE ON FISHERY OF
MAHU LAKE..... Hu Wenying Pan Hongxi(542)
57. A SURVEY OF ZOOPLANKTON IN MAHU Zhang Li Guo Xiaoming(548)
58. A PRILIMINARY STUDY ON THE EVOLUTION AND DIFFERENTIA-
TION OF FISH FAUNA IN RELATION TO ORIGINATION AND DYNA-
MICS OF ERHAL LAKE..... Gao Lichun Zuan Dadon(555)
59. A PRELIMINARY STUDY OF AQUATIC VEGETATION IN ERHAL LAKE
OF YUNNAN PROVINCE..... Dai Quan-yu(566)

60. THE STUDY ON THE LIMNITIC OLIGOCHAETA AND THE LARVER OF CHIRONOMID MIDGE (DIPTERA) FROM ERHAL LAKE IN YUNNAN PROVINCE Yan Jingsong(572)
61. THE PRELIMINARY STUDY ON THE BOTTOM FERTILITY CONDITION OF MAJOR LAKES OF HENGDUAN MOUNTAINS.....Shui Guiyong(578)
62. A COMPEHENSIVE PLANNING FOR CONTROLLING DEBRIS FLOWS OF BABULI GULLY, JINCHUAN COUNTY OF SICHUAN RPOVINCELi Deji Liu Shuqing(584)

横断山地区地质

1. 西藏东部中奥陶统的发现及奥陶系的划分对比^①

陈挺恩 耿良玉 方宗杰 王克良

(中国科学院南京地质古生物研究所)

西藏东部奥陶系,是四川省第三区测队和中国科学院南京地质古生物研究所在六十年代中期开展百万分之一昌都幅区测工作中发现的。1973年,中国科学院青藏高原综合科学考察队地质组尹集祥等,又分别在察隅古井^②和芒康、海通采得早奥陶世腕足类化石。之后,南京地质古生物所董得源等(1979)对江达青泥洞下奥陶统及其所含的笔石进行研究,建立了青尼洞组,代表笔石相碎屑岩沉积类型的下奥陶统;四川省地质局第三区测队和南京古生物所(1983),以及西藏地质局第一地质大队也对上述三个地点的下奥陶统做过工作,但由于地层出露不全,因而未作进一步的划分和对比。

笔者于1982年6月,在西藏察隅县古玉区古井以及芒康县海通五道班附近,重新观察了四川省第三区测队测制的下奥陶统剖面,在其上覆岩层中,发现了含可靠化石证据的中奥陶统以及可疑之上奥陶统。并对上述两剖面及所含的化石作了进一步的研究,建立了下奥陶统古井群、察隅组;中奥陶统古玉组,以此代表西藏东部壳相碳酸盐沉积的奥陶纪地层。

现将地层剖面记述如下:

一、察隅县古玉区古井奥陶系剖面(从上而下)

上覆地层 ? 下志留统

12. 灰黑色、黄褐色硅质页岩、粉砂岩,炭质板岩、千枚岩。厚度>50米

————— ? 整合 —————

? 上奥陶统

11. 灰白色、微带灰黄色厚层白云岩、白云质灰岩。断口糖粒状,风化面刀砍状。约40米

————— 整合 —————

中奥陶统 古玉组

10. 紫红色、风化面带黑褐色中厚层状泥质条带灰岩,层面上呈龟裂纹状,断面上呈网状状。含(ADL 2125)头足类: *Discoceras* sp., *Trocholites xianzhense* Chen et Liu, *T. depressus* (Eichward), *Richardsonoceras asiaticum* (Yabe), *R.* sp., *Michelinoceras paraelongatum* Chang, *M. elongatum* (Yu), *M.* spp., ? *Sinoceras* sp.,

三叶虫: *Nileus* sp. 等,以及珊瑚、藻类、腹足类、介形类等化石。约15米

① 参加野外工作的还有陈毅勇、李建一同志

② 以前曾称作古金

9. 紫红色、肉红色中厚层状泥质灰岩、泥质条带灰岩。下部偶见同生角砾状构造，砾石直径从0.1—0.5厘米至1—3厘米不等。含(ADL 2124)头足类：*Michelinoceras paraelongatum* Chang, *M. spp.*, 约10米

———整合———

下奥陶统 察隅组

8. 深灰色厚层状泥质条带灰岩，断面上呈规则之网格状，网格直径2—3厘米，层面上呈豹皮状。岩性坚硬，组成陡坎。含(ADL 2123)较丰富的腕足类(刘第镛鉴定)*Clyptomena sp.*, *Orthambonites sp.*, *Glyptambonites sp.*, *Leptellina sp.*, ? *Syn-dielasma sp.*, *Estlandia sp.*, *Sonerbyella sp.*, *Dolerorthis sp.*, 以及少量鹦鹉螺：*Endoceratidae* (? *Dediroceras sp.*), *Protocycloceras sp.*, 约20米

7. 灰色、灰黄色中厚层泥质灰岩，局部具网纹状构造，含(ADL 1122)少量小型腕足类：*Dolerorthis sp.*, *Orthis sp.*, 5米

———整合———

下奥陶统 古金群

6. 灰黄色、灰白色白云质灰岩，下部含燧石结核，局部具泥质条带。 约18米
5. 深灰色厚层至块状灰岩，局部夹灰紫色白云质灰岩，含硅质团块。 约30米
4. 灰色块状灰岩，含泥质、硅质条带。 约15米
3. 黄褐色粉砂质、白云质泥灰岩。 5米
2. 灰白色块状白云质灰岩、灰岩。 30米
1. 灰黄色、灰褐色薄层粉砂岩、细砂岩、千枚岩、板岩、绢云母片岩。 厚度>50米

———未见底———

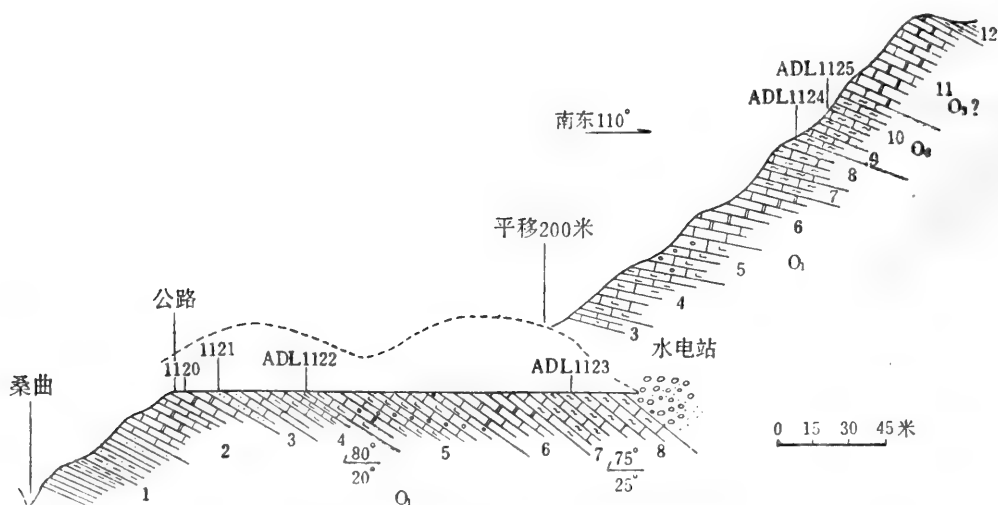


图1 西藏察隅县古玉区古井奥陶系剖面图

二、芒康县海通五道班中奥陶统剖面

上覆地层 上二叠统 妥坝组

灰色、灰白色中厚层白云质灰岩，黑色砂页岩及薄层灰岩。

~~~~~断 层~~~~~

? 上奥陶统

紫红色钙质泥岩，含三叶虫。

约5米

—————整合—————

中奥陶统 古玉组

4. 紫红色薄层至中层状泥质灰岩、瘤状泥灰岩，风化后呈疙瘩状。含 (ADL 1143) 三叶虫、介形类。8米

3. 上部紫红色薄至中层状泥质条带灰岩。含 (ADL 1142') 三叶虫、介形类。2米

中部紫红色夹黄绿色中层状泥灰岩、泥质条带灰岩，含 (ADL 1142) 头足类: *Sinoceras* sp., *Michelinoceras paraelongatum* Chang, *Lituites* sp. 2米

下部紫红色厚层泥灰岩、钙质泥岩。

2米

—————整合—————

下奥陶统 察隅组

2. 浅灰色、灰色厚层泥质条带灰岩，层面上呈豹皮状、断面上呈规则之网纹状，网格直径1—3厘米。含 (ADL 1141) 腕足类、三叶虫碎片。四川省三区测队曾在此层采获较丰富的腕足类: *Orthis* cf. *calligramma* Dalman, *O. ellipsoides* Chang, *O. calligramma* var. *intercalare* Chang, *Leptellina* sp., *Donaldiella* sp., 三叶虫: *Taihungshania* sp., *Iliaenus* cf. *sinensis* Yabe, *I. cf. tingi* Sun, *I. marlkangensis* Zhu, *Ptychopyge*? sp., 头足类: *Rudolfoceras*? sp. 约30米

—————整合—————

下奥陶统 古井群

1. 灰黄色厚层状白云质灰岩、白云岩。

约30米

下覆地层

古井群 灰白色石英砂岩夹灰黄色页岩，下部变质为绢云母片岩、千枚岩。

察隅、芒康地区下奥陶统据岩性可分为三部分：下部为一套厚度巨大的碎屑岩，以紫红色、黄褐色砂页岩和灰白、灰黄色石英砂岩为主，夹少量黑色、黄褐色页岩。部分地区因受区域变质作用，页岩常常变为千枚岩和板岩，已知化石资料不多，仅四川省第三区测队和西藏第一地质大队在海通一带采获少量早奥陶世笔石 *Didymograptus* spp., *Glyptograptus* sp.; 中部为一套深灰色的白云质灰岩、白云岩，未见任何化石。为了便于地层对比，暂命名上述两部分地层为古金群，以古金剖面第1层至第6层为层型。古井群可与川西巴塘地区邦归组、溜冉卡组的白云岩、白云质灰岩及碎屑岩对比，或相当于滇西的“兵斗群”。

上部为本文新命名的察隅组，以察隅古玉剖面中的第7、第8层为层型。岩性为深灰色、风化后带黄褐色的中厚层泥质条带灰岩，以具典型的网纹状构造为特征。本组化石以腕足类为主 (ADL 1123) 共采获8属，初步鉴定为: *Glyptomena* spp. *Orthambonites* sp., *Glyptambonites* spp., *Leptellina* spp., *Syndielasma*? sp., *Fistlandia* spp., *Soner-*

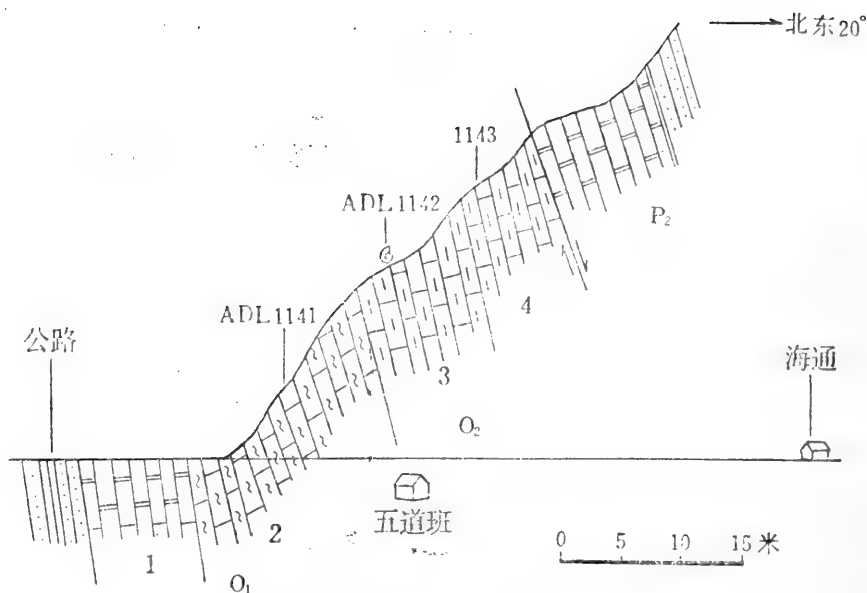


图2 西藏芒康海通中奥陶统剖面图

*byella* sp., *Dolerorthis* sp.

据刘第铺意见,上述腕足类的时代应为早奥陶世Arenigian中晚期至Llanvinian期,可与我国南方大湾组和牯牛潭组所含的腕足动物群对比。另外,四川省第三区测队在芒康县海通的相当层位中亦采获大量腕足类: *Orthis* cf. *calligramma* Dalman, *O. ellipsoides* Chang, *O. calligramma* var. *intercalare* Chang, *Leptellina* sp., 其时代亦相当于早奥陶世晚期。

值得注意的是笔者等在考察过程中新发现几块头足类化石: *Protocycloceras* sp. 和 *Endoceratidae* (? *Dideroceras* sp.), 虽然由于内部构造被泥质充填所破坏, 未能准确鉴定到种。但前一属为我国扬子区大湾组和滇西施甸组的带化石, 广泛分布于湖北宜昌, 贵州沿河甘溪、大田坝, 云南保山岩箐, 施甸仁和桥等地, 层位十分稳定; 后者从外形来看, 极似扬子区牯牛潭组和滇西施甸组顶部所含的 *Dideroceras wahlenbergi* Frech., 近年来, 笔者在云南宁蒗、丽江、保山、施甸的下奥陶统顶部均发现一层层位十分稳定的 *Dideroceras*, 可作为滇西下奥陶统的最高层位。因而这些鸢鹗螺化石的发现, 进一步证明了察隅组的时代为早奥陶世Arenigian中、晚期至Llanvinian期, 大致相当于宁国期N<sub>3</sub>到N<sub>9</sub>带, 并使察隅组可与滇西施甸组直接对比。

本组在察隅地区厚约25米, 至海通地区则为30米左右, 岩性和厚度都比较稳定。

应该指出, 四川省第三区测队(1983)曾把海通地区下奥陶统描述为8层, 分为上、中、下三部分, 上、下(即其第2层和第7层)均为“豹皮灰岩”, 中部为灰绿、紫红色板岩与灰白色石英砂岩互层。但据笔者等野外实地观察, 该剖面实际上为一个复式向斜的综合描述, 其东翼(即五道班附近)并未出露第8层, 而是一个产状近直立的倒转的次级背斜。岩性基本上与察隅古玉剖面相当, 下部为碎屑岩, 组成背斜核部; 中部为白云岩、白云质灰岩; 上部为网纹状灰岩(即“豹皮状灰岩”), 这两层网纹状灰岩形成次级背斜的两翼, 并不是上下关系。即使从他们在这两层“豹皮灰岩”中采获的化石名单分析, 亦基本上是同时代、同层位的分子, 时代相当于早奥陶世晚期Arenigian中、晚期至Llanvinian期, 与古玉

剖面察隅组的网纹灰岩一致。此外，海通的这层“豹皮灰岩”的厚度远没有175米，仅30米左右，其下部组成陡坎的岩层已不是网纹灰岩，而是白云质灰岩。综合分析，可以看出早奥陶世晚期，藏东察隅、芒康一带已由原来比较活动的冒地槽型沉积向稳定的地台型沉积过渡，岩性单一，厚度薄而稳定，代表了正常浅海潮下低能环境的沉积。

本区中奥陶统古玉组亦为新命名的地层单位，层型为察隅县古玉区古井剖面的第9、第10层。岩性为紫红色中厚层泥质条带灰岩，层面上呈龟裂纹状，断面具网纹状构造。化石以头足类为主，计有：*? Sinoceras* sp., *Richardsonoceras asiaticum* (Yabe), *R.* sp., *Trocholites xizangense* Chen et Liu, *T. depressus* (Eichward), *T.* sp., *Discoceras* sp., *Michelinoceras paraelongatum* Chang, *M. elongatum* (Yu), *M.* spp. 上述化石均为扬子区宝塔组和西藏一滇西区雄梅组或半坡村组的重要分子，证明察隅组的时代属中奥陶统无疑。此外，在芒康海通剖面中采获了*Lituites* sp.，该属为我国南方中奥陶统底部的带化石，东至江苏南京，西达新疆柯坪，以及藏北申扎、滇西保山、施甸、湖北宜昌、贵州沿河、湖南桑植、安徽无为均有报道，层位非常稳定。说明藏东中奥陶统虽然厚度较薄，但所含的地层及化石带完整无缺，其下与下奥陶统察隅组呈连续沉积，其中包括了*Lituites*带，*Michelinoceras paraelongatum*-*Sinoceras*带和*Richardsonoceras*-*Trocholites*带。

特别应该指出的是：藏东中奥陶统与藏北申扎地区及滇西地区的中奥陶统，不但岩性基本上一致，所含的古生物群性质也十分酷似，组成一个独特的生物地理区——西藏—滇西区。此区与我国华中—西南区比较接近，都属于稳定的地台型碳酸盐沉积，以直壳鹦鹉螺为代表的直角石动物群为特征。但是，除此共性之外，还具下列特征：

(1) 岩性为一套紫红色，局部夹肉红色、棕黄色的中厚层泥质条带灰岩，层面上虽然呈龟裂纹状，但不如扬子区者典型，断面上网格状特征十分显著。岩性非常单一，全区基本一致，很难进一步划分为三个次级单元（即大田坝组或庙坡组，狭义的宝塔组和梅江组）。

(2) 厚度薄且稳定，一般只有20—80米，甚至小于20米。

(3) 所含化石以头足类为主，其含量通常占大化石数量的80%以上。其次为棘皮动物化石，仅在局部地区见有少量三叶虫、腹足类或腕足类共生。

其所含的头足类化石虽与华中—西南区宝塔期头足动物群比较接近，但也具下述三个特点：

(1) 以*Michelinoceras*的大量出现为特征，其数量常常占头足类化石总数的70%左右。

(2) *Sinoceras*为华中—西南区中奥陶统最常见的带化石，但在西藏滇西区不但数量较少，而且极少发现标准的*Sinoceras chinense* (Foord)。一般只见隔壁颈较短（仅达气室高度1/3）的*Sinoceras densum* (Yu)，而且隔壁颈稍有变异（内斜或微膨大）。

(3) 它们虽属于直角石动物群，但所含的旋壳鹦鹉螺及肿角石类分子相对较多，并常常混进少量北方型珠角石动物群分子。

本区中奥陶统古玉组之上，在古玉剖面有一层厚约40米的白云岩、白云质灰岩，其上覆以一套浅变质的黑色千枚岩、板岩及粉砂岩，与古玉组呈整合接触关系(?)。在芒康、海通含头足类为主的古玉组之上也有4米左右的紫红色钙质泥岩，含小型三叶虫及介形类化石，与保山、施甸的蒲缥组相似。因而从层序分析，藏东地区是否可能存在晚奥陶世甚至志留纪地层，的确值得进一步深入研究。

依据地层层序、岩性及古生物群性质，对藏东地区奥陶系的划分及其与邻区的对比，提出如下初步方案（见表1），以供今后进一步作参考。

表1 西藏东部及邻区奥陶系划分对比表

|      | 藏 东             |                 |        | 川 西<br>(巴塘) | 藏 南<br>(聂拉木)                | 藏 北<br>(申扎) | 滇 西<br>(保山、施甸)    | 湖 北<br>(宜昌)                        | 内 蒙<br>(桌子山)                 |
|------|-----------------|-----------------|--------|-------------|-----------------------------|-------------|-------------------|------------------------------------|------------------------------|
|      | 察隅古玉            | 芒康海通            | 江达、青尼洞 |             |                             |             |                   |                                    |                              |
| 上奥陶统 | ?白云质灰岩          | ?紫红色泥岩          |        | ?           | 红山头组                        | 申扎组<br>刚木桑组 | 蒲缥组               | 五峰组<br>临湘组                         |                              |
| 中奥陶统 | 古玉组             | 古玉组             |        | ?           | 泉上组                         | 雄梅组         | 半坡村组              | 宝塔组<br>庙坡组                         | 蛇山组<br>公鸟寨组<br>拉什仲组<br>乌拉力克组 |
| 下奥陶统 | 察隅组<br>古井群<br>? | 察隅组<br>古井群<br>? | 青尼洞组   | 溜冉卡组<br>邦归组 | 阿来组<br>甲村组<br>珠穆朗玛峰组<br>黄带层 | ?白云质灰岩      | 施甸组<br>“兵斗群”<br>? | 牯牛潭组<br>大湾组<br>红花园组<br>分乡组<br>南津关组 | 克里摩里组<br>桌子山组<br>三道坎组        |

## 参 考 文 献

- (1) 王义刚, 1975, 珠穆朗玛峰地区的奥陶系, 珠穆朗玛峰地区科学考察报告, 地质, 科学出版社。
- (2) 卢衍豪等, 1976, 中国奥陶纪的生物地层和古动物地理。南京地质古生物所集刊, 第七号, 科学出版社。
- (3) 尹赞勋 1936, 施甸奥陶纪及志留纪化石简述, (英文), 中国地质学会志, 16。
- (4) 路兆治, 1937, 云南施甸之奥陶纪及志留纪地层, (英文), 中国地质学会志, 16。
- (5) 四川省地质局区调队、中国科学院南京地质古生物研究所 1983, 川西藏东地层古生物, 1—3分册, 四川人民出版社。
- (6) 陈均远, 1975, 珠穆朗玛峰地区的鹦鹉螺化石, 珠穆朗玛峰地区科学考察报告, 古生物第一分册, 科学出版社。
- (7) 陈均远, 1976, 中国北方奥陶纪生物地层及头足类化石, 古生物学报, 15。(1)。
- (8) 陈均远, 1980, 奥陶纪头足类地理区系及古气候、古地理特征, 国际交流地质学术论文集, 第4分册, 地层、古生物, 地质出版社。
- (9) 陈均远、刘耕武, 1974, 西南地区奥陶纪鹦鹉螺, 于《西南地区地层古生物手册》, 科学出版社。
- (10) 陈挺恩, 1981, 西藏的一些鹦鹉螺化石, 西藏古生物, 第三分册, 科学出版社。
- (11) 陈挺恩, 1981, 西藏奥陶、志留纪头足类生物区系特征, 兼论大陆漂移的一些问题, (英文), 青藏高原科学讨论会论文集, 第一册, 科学出版社。
- (12) 陈挺恩, 1983, 滇西宝塔期头足类动物群特征、兼论“蒲缥层”, 青藏高原研究, 横断山考察专集(一), 云南人民出版社。
- (13) 陈挺恩, 西藏申扎地区奥陶纪鹦鹉螺, 中国科学院南京地质古生物研究所丛刊, 1964, (10)。
- (14) 张文堂, 1959, 中国的奥陶系, 第一届全国地层会议论文集, 科学出版社。
- (15) 张文堂等, 1983, 中国奥陶系的划分对比, 第二届全国地质会议论文集, 科学出版社。
- (16) 张日东, 1957, 湖北长阳中奥陶纪扬子贝层中的鹦鹉螺化石, 古生物学报, 7(4)。
- (17) 张日东, 1962, 甘肃环县中奥陶统几种头足类化石, 古生物学报, 10(4)。
- (18) 张日东, 1964, 砚瓦山石灰岩及宝塔石灰岩中头足类的新材料, 古生物学报, 12(1)。
- (19) 俞建章, 1930, 中国中部奥陶纪头足类化石(英文), 中国古生物志, 乙种, 1号、2册。
- (20) 赖才根, 1960, 湖北宜昌、陕西汉中扬子贝层鹦鹉螺化石, 古生物学报, 8(3)。

- (21) 赖才根、齐敦伦, 1977, 湘西北奥陶纪头足类, 中国地质科学院地层古生物论文集, 第3辑, 地质出版社。
- (22) Foerste, A. F. , 1932—1933, Black River and other Cephalopods from Minnesota, Wisconsin, Michigan, and Ontario. Denison Univ. Bull. , Jour. Sci. Lab. , 27, (1932) pt. 1, 28. (1933) pt. 2.
- (23) Reed, F. R. C. , 1917, Ordovician and Silurian Fossils from Yunnan. Palaeont. Indica, N. S. 4 (3) .
- (24) Sweet, W. C. C. , 1958, The Middle Ordovician of the Oslo region, Norway, 10. Nautiloid cephalopods, Norsk Geol. Tidsskr. , 38, (1) 1-178, pl. 1-21.

## MIDDLE ORDOVICIAN IN EASTERN TIBET: SUBDIVISION AND COMPARATIVE STUDY

Chen Tinggen Geng Liangyu Fang Zongjie Wang Keliang  
Nanjing Institute of Geology and Palaeontology

Academia Sinica

Abstract

Three new stratigraphical units are put forward, viz. in ascending order: the Lower Ordovician Gujing Group, the Chayu Formation and the Middle Ordovician Guyu Formation, which represent sedimentation of shelly carbonate facies in eastern Tibet.

The Gujing Group may be divided into two parts on the basis of lithology, clastic rocks in lower part and unfossiliferous dark grey dolomitic limestone and dolomite in upper part. The Chayu Formation is characterized by a rich development of dark grey, medium to thick bedded mottled limestone, 25 meters or so in thickness, roughly corresponding to the N<sub>3</sub> to N<sub>9</sub> zones of the Ningkuoan.

The Guyu Formation consists of purple, medium to thick bedded muddy-banded limestone with nodular structure on the bedding plane, represented by an abundance of Middle Ordovician cephalopods with index *Lituities*, *Trocholites*, which were common constituents of Middle Ordovician in the adjacent area.

Based on similarities both in lithology and fossil assemblages the authors propose that eastern Tibet, northern Tibet (Shenzha region) and western Yunnan be grouped together under the name of the Tibet-western Yunnan biogeographical province.

## 2. 云南孟连县晚古生代放射虫化石

李 红 生

(中国科学院地质研究所)

本文描述、报导的放射虫化石,绝大部分是从云南孟连县的放射虫硅质岩标本中萃取出来的。这些标本是我所张旗、李达周和张魁武等同志于1981年采自云南孟连县的阿里一回腊剖面线路的薄层硅质岩中,如图1所示。其野外编号是DX-252; DX-286; DX-294; DX-295; DX-300,另外一块DX-138标本采自铜厂街。

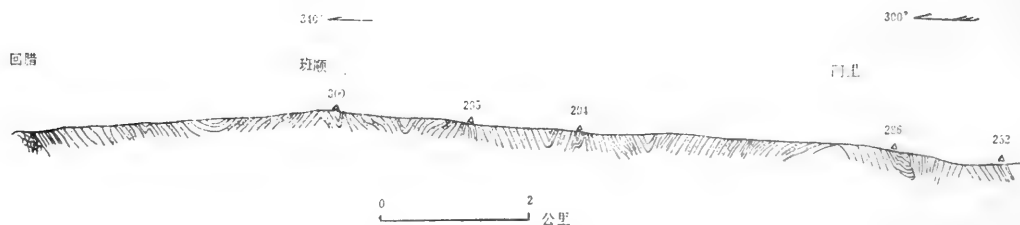


图1 阿里一回腊地质剖面图(张旗同志提供)

古生代放射虫的研究,如果按法国人M. G. Deflandre建立小僧衣虫属(*Albaillella*)算一个阶段开始的话,那是1952年,美国人B. K. Holdsworth初步建立起晚古生代放射虫化石组合带,这已经是1980年的事了。所以说,古生代放射虫化石组合带的研究仍处在逐步完善的阶段。

本文记述的放射虫硅质岩,除DX-138是铁染极重的铁黑色硅质岩外,其它5块标本均为淡灰一白色硅质岩。其标本的采集位置叙述如下:DX-138懒碓山西;DX-252阿里东;DX-286阿里西46.4公里处;DX-294阿里西43.1公里处;DX-295阿里西42.7公里处;DX-300阿里西39.7公里处。这6块标本当中放射虫化石以DX-300保存较好,DX-286次之,其他保存中等。现将标本所含放射虫化石名单记述如下:

DX-138: *Albaillella excelsa* Ishiga, Kito et Imoto; *A. levis* Ishiga, Kito et Imoto; *Albaillella* sp. G; *Spongodiscus* cf. *ellipticus* Haeckel etc.

DX-252: *Follicucullus scholasticus* Ormiston et Babcock; *Follicucullus* sp.; *Albaillella* aff. *excelsa* Ishiga, Kito et Imoto; *Ellipsoxiphus*(?) *obtusiconicus* n. sp. etc.

DX-286: *Albaillella triangularis* Ishiga, Kito et Imoto; *A. levis* Ishiga, Kito et Imoto; *A. excelsa* Ishiga, Kito et Imoto; *Albaillella* aff. *excelsa* Ishiga, Kito et Imoto; *Albaillella* sp.; *Albaillella* cf. *triangularis* Ishiga, Kito et Imoto; *Albaillella* sp. F; *Cenosphaera* sp. etc.

DX-294: *Neoalbaillella* sp.; *Archaeospongoprimum?* *rhombotylos* n. sp.; *Archaeospongoprimum?* sp. etc.

DX-295: *Pseudoalbaillella* sp. E?; *Albaillella* sp. E; *Follicucullus* sp.; *Peotopsium?* sp. etc.



DX-300: *Entactinia herculea* Foreman; *Entactinosphaera palimbola* Foreman; *Entactinophaera fissuracorsum* n. sp.; *Stauracontium?hexodorum* n.sp.; *Actinomma* sp.; *Entactinia* sp. etc.

这6块标本采自不同层位的薄层硅质岩, 尽管该地区的构造关系、地层层序等都有待进一步深入研究, 根据放射虫的资料, 初步的结论是该地区存在晚古生代的地层。具体说DX-286和DX-138都含*Albaillella excelsa* Ishiga, Kito and Imoto; *A. levis* Ishiga, Kito et Imoto, DX-286 还含 *A. triangularis* Ishiga, Kito and Imoto, 这些化石都只限于日本晚二叠世(相当北美的爪达路普期或晚爪达路普期)。DX-252 *Follicucullus scholasticus* Ormiston et Babcock 它也限于日本的晚二叠世(相当北美的爪达路普期 Guadalupian), DX-294虽然只含*Neoalbaillella* sp., 而这个属在日本也限于晚二叠世。

DX-295 含的 *Pseudoalbaillella* sp. E? 在外形上虽然和日本早石炭世——早二叠世出现的有一些不同, 但它另含新的化石分子 *Albaillella* sp. E and *Follicucullus* sp., 而这两个标本所在的属又都局限于早石炭世——晚二叠世的范围, 因此, 仍推测DX-295是早二叠世的产物。

DX-300含*Entactinosphaera palimbola* Foreman; *Entactinia herculea* Foreman; *Entactinosphaera* sp. and *Entactinia* sp., 这些化石均产于北美等地的晚泥盆世。

本文曾部分征求过吴浩若同志的意见, 蒙张旗、李达周、张魁武同志提供标本; 石油规划院电镜室的扫描电子显微镜照相; 桂文立、张亚光同志复制图版, 谨此致谢。

### 属 种 描 述

泡沫虫亚目Spumellina Ehrenberg, 1875

小僧衣虫科Albaillellidae Deflandre, 1953

小僧衣虫属Genus *Albaillella* Deflandre, 1952

模式种*Albaillella paradoxa* Deflandre

特征 壳锥形, 格子状, 无穿孔, H型骨架可伸出壳外; 壳两侧对称, 二侧或一侧具空心翼, 壳有时呈横节状或斜向缠绕状外形。

时代分布 晚古生代; 世界各地。

巍峨小僧衣虫*Albaillella excelsa* Ishiga, Kito et Imoto

(图版1, 图5, 10, 11, 12, 20)

1982, *Albaillella excelsa* Ishiga, Kito et Imoto, p. 17, pl. 3, figs. 5—8.

描述 壳锥形, 格子状, 具10排以上横带, 壳顶向腹部弯曲。从靠近第6条带的腹部伸出一长翼刺。似刀的脊棍和腹棍从底孔伸出。节有的清晰, 有的模糊。

巍峨小僧衣虫(亲近种) *Albaillella* aff. *excelsa* Ishiga, Kito et Imoto

(图版1, 图6, 7)

aff. 1982 *Albaillella excelsa* Ishiga, Kito et Imoto, p. 17, pl. 3, figs. 5—8.

描述 壳锥形、较短, 从腹中部伸出一翼刺。顶锥向腹部弯曲, 角度较大。

光滑小僧衣虫*Albaillella levis* Ishiga, Kito et Imoto

(图版1, 图4, 图版2, 图2)

1982 *Albaillella levis* Ishiga, Kito et Imoto, p. 17, pl. 3, figs. 1—4.

描述 壳锥形, H型脊棍和腹棍伸出壳外(脊棍上3—4横刺未见保存), 顶锥向腹部弯曲, 以壳底和腹间伸出一刀似翼刺。

三角形小僧衣虫 *Albaillella triangularis* Ishiga, Kito et Imoto

(图版 1, 图 13, 14)

1982 *Albaillella triangularis* Ishiga, Kito et Imoto, p. 17, pl. 2, figs. 8—11.

描述 壳锥形, 顶锥向腹部弯曲。壳面具 3—4 条横带, 腹中下部伸出一翼刺, 圆形底孔, 脊锯齿状。(脊棍、腹棍等保存不全)

三角形小僧衣虫 (相似种) *Albaillella* cf. *triangularis* Ishiga, Kito et Imoto

(图版 1, 图 1, 2, 3, 21)

cf. 1982 *Albaillella triangularis* Ishiga, Kito et Imoto, p. 17, pl. 2, figs. 8—11.

比较 此种明显地分成两部分, 上部和 *A. triangularis* Ishiga, Kito et Imoto 相近, 壳面具三条以上横带 (或平, 或呈上弦形), 最下一条带向一侧突出, 形成一翼刺。顶锥向腹部弯曲。下部呈圆柱形, 易与上部分离开。

小僧衣虫 (未定种 E) *Albaillella* sp. E.

(图版 2, 图 7)

描述 壳体小, 锥形壳, 表面粗糙, 脊斜, 腹多曲, 近于基部的腹侧向外伸出一长翼刺。翼上面平, 下面呈锯齿状。

小僧衣虫 (未定种 F) *Albaillella* sp. F

(图版 1, 图 9)

描述 近锥形壳, 脊、腹两侧呈锯齿状, 自腹下斜伸出一翼刺。

小僧衣虫 (未定种 G) *Albaillella* sp. G

(图版 1, 图 8)

描述 壳锥形, 顶锥向腹微弯, 壳体丰满。

新小僧衣虫属 *Neoalbaillella* Takemura et Nakaseko, 1981

模式种 *Neoalbaillella ornithoformis* Takemura et Nakaseko

特征 壳锥形或近圆柱形, 两侧几乎对称。壳上部每侧具一翼, 无穿孔, 下部具窗孔, 窗格呈横列。顶锥向一侧弯曲。两个竖棍从小圆形底孔伸出, 棍上各具 3 个以上横刺。

时代分布 晚二叠世。

新小僧衣虫 (未定种) *Neoalbaillella* sp.

(图版 1, 图 15, 16)

假小僧衣虫属 Genus *Pseudoalbaillella* Holdsworth et Jones, 1980

模式种 *Pseudoalbaillella scalprata* Holdsworth et Jones

特征 壳分为顶锥和假胸假腹两部分, 假胸膨胀或不膨胀, 具侧翼, 两侧不对称, 顶锥和假腹有或无附属节, 假胸有或无耳。壳无孔。

时代分布 石炭纪—二叠纪。

假小僧衣虫? (未定种 E) *Pseudoalbaillella* sp. E.

(图版 2, 图 1)

? 1982 *Pseudoalbaillella* sp. E Ishiga, pl. 1, fig. 15.

描述 壳短锥形, 简单多耳状 (左右对称), 假头近锥形, 上下大小变化不大, 圆形底孔。

小丑帽虫科 *Follicucullella* ormiston et Babcock, 1979

小丑帽虫属 Genus *Follicucullus* Ormiston and Babcock, 1979

模式种 *Follicucullus ventricosus* Ormiston et Babcock

特征 壳锥形，无孔，可分为三部分：顶锥，轻微膨胀的中部和膨胀裙。底孔椭圆形，部分被片状或拉长的底孔盖覆盖。拉长的底孔盖称为第1刺，与之平行的称第2刺，后者短小。

时代分布 晚古生代。

安逸小丑帽虫? *Follicucullus scholasticus*? Ormiston et Babcock

(图版1, 图17, 18, 19)

(?) 1979 *Follicucullus scholasticus* Ormiston et Babcock p. 333, pl. 1, figs. 1-5.

(?) 1982 *Follicucullus scholasticus* Ormiston et Babcock, shiga, kito et Imoto, p. 21, pl. 3, fig. 9.

描述 壳微弯、长锥形，无孔。椭圆形底孔，边缘呈耳状。(底孔盖及刺未保存)

古海绵梅虫科 *Archaeospongopru nidae* Pessagno, 1973

古海绵梅虫属 *Archaeospongoprunum* Pessagno, 1973

? 菱形结古海绵梅虫(新种) *Archaeospongoprunum*? *rhombotylus* n. sp.

(图版2, 图3)

描述 壳不规则的椭球形，表面具菱形结瘤，海绵状。两极具截面为3射的一长一短粗极刺。

比较 它具有已知 *Archaeospongoprunum* Pessagno 未具有的特征，而区别于其他各种。

? 古海绵梅虫(未定种) *Archaeospongoprunum*? sp.

(图版2, 图4)

缺剑虫属 *Ellipsoxiphus* Dunikowski, 1882

特征 壳椭球形，无主刺，两极各具一短锥，锥间均匀分布着小瘤。

? 前缺剑虫(新种) *Ellipsoxiphus*? *obtusiconicus* n. sp.

(图版2, 图14)

描述 壳近扁椭球形，两极各具一短锥，锥间壳面均匀分布大小相近的小瘤。

比较 *Ellipsoxiphus zhamoidai* Aliev 与此种形状接近，但壳椭球形，两极锥略长，锥间均匀分布近圆形瘤，每个瘤具10多个小孔等不同点。

内光束虫属 Genus *Entactinia* Foreman, 1963

模式种 *Entactinia herculea* Foreman

特征 发育完好的球形格子壳或海绵壳(有时皮壳内具海绵状结构)，壳内6条放射臂弱于延伸至壳外的主刺部分。

时代分布 晚古生代——中生代；世界各地。

篱癭内光束虫? *Entactinia herculea*? Foreman

(图版2, 图9, 10)

? 1963 *Entactinia herculea* Foreman, p. 271, pl. 1, figs. 3 a-d.

描述 壳球形，格子状，具6个近等长的三刃主刺。壳厚，孔近圆形。

内光束球虫属 Genus *Entactinosphaera* Foreman, 1963

模式种 *Entactinosphaera esostrongyla* Foreman

特征 壳为发育完好的球形、近球形，具一个以上髓壳，具6个与外刺相连的内主刺。

时代分布 晚古生代——中生代；世界各地。

不定内光束球虫？*Entactinosphaera palimbola*？Foreman, 1963

(图版2，图6)

? 1963 *Entactinosphaera palimbola* Foreman p.277, pl. 2, figs. 7 a-e; pl. 3, figs. 3 a-b.

描述 壳球形，格子状，近圆形小孔，具6个大小变化很大的主刺，其中一主刺又粗又长。

细脊内光束球虫（新种）*Entactinosphaera fissuradorsum* n.sp.

(图版2，图8)

描述 壳球形，密格子状，小圆孔；具一长主刺，截面为多射（8条纵脊、8条纵沟），具细的辅助刺，表面光滑。

比较 *E. palimbola* Foreman 与此种具有近似的外形，但它具三刃长主刺，较大的辅助刺，表面粗糙等不同点。

海绵盘虫科 *Spongodiscidae* Haeckel, 1882

海绵盘虫属 Genus *Spongodiscus* Ehrenberg, 1854

模式种 *Spongodiscus resurgens* Ehrenberg

特征 壳圆盘形，海绵状，壳边缘不规则。

时代分布 ? —中生代—新生代；世界各地。

椭圆形海绵盘虫（相似种）*Spongodiscus* cf. *ellipticus* Haeckel

(图版2，图13)

cf. 1860 *Spongodiscus ellipticus* Haeckel, p.835-845.

描述 壳近椭圆盘形，厚，壳面平坦，质密海绵状，具多边形小孔。边缘直立。

海绵尾虫科 *Sponguridae* Haeckel, 1860 emend Pessagno, 1973

原始刺虫属 *Protopsium* Pessagno et Poisson, 1981

模式种 *Protopsium ehrenbergi* pessagno et poisson

特征 壳卵形，海绵状，具2个极刺或数个一级刺和二级刺。

时代分布 泥盆纪—现代。

原始刺虫（未定种）*Protopsium* sp.

(图版2，图5)

多网壳虫科 *Multiarculusellidae* Kozur et Mostler, 1979

十字矛虫属 *Stauracontium* Haeckel, 1882 emend. Kozur et Mostler, 1979

特征 壳球形，格子状，具4个正交的三刃刺；具一个髓壳，连接皮壳和髓壳的4个梁与壳外主刺相连。

时代分布 晚古生代—中生代；世界各地。

六矛十字矛虫（新种）*Stauracontium* ? *hexodorum* n. sp.

(图版2，图16, 17)

描述 壳球形，格子状，具多边形孔构，表面粗糙。三对粗壮正交的三刃主刺，刺呈旋扭状。具一髓壳，6条连接皮壳和髓壳的梁与主刺相连。

比较 *S. granulosum*? Dumitrica, Kozur et Mostler 具类似的皮壳和刺, 但它皮壳具小圆孔, 两对正交的主刺等不同点。

## 参 考 文 献

- (1) Aliev, Kh. Sh. 1965, Radiolarii nizhnemelovykh otozhenii severovostochnogo Azerbaidzhana i ikh stratigraficheskoe zhachenie. Izd. Akad. Nauk Az.SSR. Baku.
- (2) Deflandre, G. 1952, Albaillella nov. Gen., Radiolarie fossile du Carbonifere inferieur, type d'une lignee aberrante eteinte; Compt. Rend. Acad. Sci. Paris, 234, 872—874, pl. 1.
- (3) Deflandre, G. 1960, A propos du developpement des recherches sur les Radiolaires fossiles. Revue de Micropaleontologie 2 (4) 212—218, pl. 1.
- (4) Dumitrica, P., Kpzur, H. and Mostler, H. 1980, Contribution to the radiolarian fauna of the middle Triassic of the Sothern Alps, Geol. Palaont. Mitt. Innsbrudk 10 (1), 1—46.
- (5) Dunham, B. and Murphy, A. 1976, An occurrence of well-preserved Radiolaria from the Upper Ordovician (Caradocian), eureka county, nevada, Journal of Paleontology, 50 (5), 882—887, pl. 1.
- (6) Foreman, H. P. 1963, Upper Devonian Radiolaria from the Huron Member of the Ohio Shale. Micropaleontology 9 (3), 276—304, pls. 1—9.
- (7) Holdsworth, B. K. 1966, Radiolaria from the Namurian of Derbyshire. Palaeontology, 9 (2) 319—329, pl. 54.
- (8) Holdsworth, B. K. and Jones, D. L. 1980, Preliminary radiolarian zonation for Late Devonian through Permian Time. Geology, 8, 281—285, p 1. 1.
- (9) Ishiga, H. 1982, Late Carboniferous and Early Permian radiolarians from the Tamba Belt, Southwest Japan. Earth Science, 36 (6), 333—339, pls. 2.
- (10) Ishiga, H. and Imoto, N. 1980, Some Permian Radiolarian in the Tamba district, Southwest Japan. Earth Sci., 34 (6), 333—345, pls. 5.
- (11) Ishiga, H. Kito, T. and Imoto, N. 1982, Late Permian radiolarian assemblages in the Tamba district and an adjacent area. Earth Sci., 36 (1) 10—22, pls. 5.
- (12) Ormiston, A. and Babcock, L. 1979, Follicucullus, new Radiolarian Genus from the Guadalupian (Permian) Lamar Limestone of the Delaware Basin. Jour. Paleontology, 53, 328—334, pl. 1.
- (13) Pessagno, E. A. Jr. 1973, Upper Cretaceous spumellariina from the Great valley sequence, California Coast Ranges, Bull. Amer. Pal. 63 (267), 49—102, pls. 9—12.
- (14) Takemura, A. and Nakaseko, k. 1981, A new Radiolarian Genus from the Tamba Belt, Southwest Japan. Trans Proc. Palaeont. Soc. Japan. N. S., 124, 208—214, pls. 5.

## 图 版 说 明

所有图影均为扫描电子显微镜照片, 标本均保存于中国科学院地质研究所地层室。

## 图 版 1

- 1, 2, 3, 21, Albaillella cf. triangularis Ishiga, Kito et Imoto  
1. 标本右面, ×390. 登记号: 2518; 采集号: DX-286.  
2. 副模标本左面, ×470. 登记号: 2530; 采集号: DX-286.  
3. 标本左面, ×535. 登记号: 2627; 采集号: DX-138.  
21. 正模标本左面, ×470. 登记号: 2517; 采集号: DX-286.

4. *Albaillella levis* Ishiga, Kito et Imoto  
副模标本左面,  $\times 470$ . 登记号: 2506; 采集号: DX-286.
- 5, 10, 11, 12, 20. *Albaillella excelsa* Ishiga, Kito et Imoto
5. 标本左面,  $\times 425$ . 登记号: 2626; 采集号: DX-138.
10. 正模标本左面,  $\times 305$ . 登记号: 2521; 采集号: DX-286.
11. 标本右面,  $\times 290$ . 登记号: 2523; 采集号: DX-286.
12. 标本左面,  $\times 270$ . 登记号: 2512; 采集号: DX-286.
20. 副模标本右面,  $\times 340$ . 登记号: 2525; 采集号: DX-286.
- 6, 7. *Albaillella aff. excelsa* Ishiga, Kito et Imoto
6. 副模标本右面,  $\times 305$ . 登记号: 2502; 采集号: DX-286.
7. 正模标本右面,  $\times 340$ . 登记号: 2501; 采集号: DX-286.
8. *Albaillella* sp. G  
正模标本左面,  $\times 560$ . 登记号: 2630; 采集号: DX-138.
9. *Albaillella* sp. F  
正模标本右面,  $\times 375$ . 登记号: 2514; 采集号: DX-286.
- 13, 14. *Albaillella triangularis* Ishiga, Kito et Imoto
13. 正模标本左面,  $\times 340$ . 登记号: 2524; 采集号: DX-286.
14. 副模标本底孔,  $\times 490$ . 登记号: 2519; 采集号: DX-286.
- 15, 16. *Neoalbaillella* sp.
15. 标本左面,  $\times 425$ . 登记号: 2607; 采集号: DX-294.
16. 标本左面,  $\times 425$ . 登记号: 2609; 采集号: DX-294.
17. *Follicucullus scholarsticus* Ormiston et Babcock  
正模标本右面,  $\times 440$ . 登记号: 2601; 采集号: DX-252.
- 18, 19. *Follicucullus* sp.
18. 标本左面,  $\times 430$ . 登记号: 2611; 采集号: DX-295.
19. 标本左面,  $\times 430$ . 登记号: 2604; 采集号: DX-252.

## 图 版 2

1. *Pesudoalbaillella* sp. E  
正模标本,  $\times 430$ . 登记号: 2621; 采集号: DX-295.
2. *Albaillella levis* Ishiga, kito et Imoto  
正模标本左面,  $\times 470$ . 登记号: 2511; 采集号: DX-286.
3. *Archaeospongoprimum?* *rhombotylos* n. sp.  
正模标本,  $\times 425$ . 登记号: 2610; 采集号: DX-294.
4. *Archaeospongoprimum?* sp.  
 $\times 425$ . 登记号: 2606; 采集号: DX-294.
5. *Protoprium?* sp.  
 $\times 430$ . 登记号: 2613; 采集号: DX-295.
6. *Entactinosphaera palimbola* Foreman  
正模标本,  $\times 290$ . 登记号: 2616; 采集号: DX-300.
7. *Albaillella* sp. E  
正模标本左面,  $\times 820$ . 登记号: 2614; 采集号: DX-295.
8. *Entactinosphaera fissuradorsum* n. sp.  
正模标本,  $\times 205$ . 登记号: 2623; 采集号: DX-300.
- 9, 10. *Entactinia herculea* Foreman
9. 副模标本,  $\times 340$ . 登记号: 2619; 采集号: DX-300.
10. 正模标本,  $\times 430$ . 登记号: 2622; 采集号: DX-300.
11. *Spumellinid* sp.  
 $\times 270$ . 登记号: 2509; 采集号: DX-286.
12. *Spongodiscus* cf. *ellipticus* Haeckel  
正模标本,  $\times 340$ . 登记号: 2628; 采集号: DX-138.
13. *Entactinia* sp.

- ×340.           登记号: 2625; 采集号: DX-300.
14. *Ellipsoxiphus*? *obtusiconicus* n. sp.  
正模标本, ×430.   登记号: 2605; 采集号: DX-252.
15. *Cenosphaera*? sp.  
×270.           登记号: 2510; 采集号: DX-286.
- 16, 17. *Stauracontium*? *hexodorium* n. sp.  
16. 正模标本, ×340.   登记号: 2620; 采集号: DX-300.
17. ×800. (局部放大)
18. *spumellinid* sp.  
×435.           登记号: 2608; 采集号: DX-294.
19. *Actinomma* sp.  
×430.           登记号: 2618; 采集号: DX-300.

## LATE PALEOZIC RADIOLARIA FROM MENGLIAN COUNTY, YUNNAN PROVINCE

Li Hong-sheng

Institute of Geology, Academia Sinica

### Abstract

The Radiolarian fossils were extracted from cherts collected from Menglian county of Yunnan province by Zhang Qi et al. in 1981. For assessment of the age of the stratigraphic sequence containing these cherts, the following radiolarian list is useful.

From certain grey, white and black cherts some fairly well-preserved Radiolarian fossils are obtained, which contain *Albaillella triangularis* Ishiga, Kito and Imoto, *Albaillella* cf. *triangularis* Ishiga, Kito et Imoto, *Albaillella* aff *excelsa* Ishiga, Kito et Imoto, *A. excelsa* Ishiga, Kito et Imoto, *A. levis* Ishiga, Kito et Imoto, *Albaillella* SP.G, *Albaillella* sp.F, *Albaillella* sp., *Follicucullus scholasticus* Ormiston et Babcock, *Follicucullus* sp., *Neoalbaillella* sp., *Archaeospongoprimum*? *rhombotylos* n. sp., *Archaeopongoprimum*? sp., *Spongodiscus* cf. *ellipticus* Haeckel, *Ellipsoxiphus*? *obtusiconicus* n. sp. and *Cenosphaera*? sp., etc. This assemblage indicates Guadalupian or post-Guadalupian age.

From a white chert some well-preserved Radiolarian fossils are identified including *pseudoalbaillella* sp. E, *Albaillella* sp. E, *Protopsium*? sp. and *Follicucullus* sp. etc. which are probably of wolfcampian age.

From another grey and white banded chert some Radiolarian fossils including *Entactinosphaera palimbola* Foreman, *Entactinosphaera fissuradorsum* n. sp., *Intactinia herculea* Foreman, *Entactinia* sp., *Stauracontium*? *hexocorium* n. sp. and *Actinomma* sp., etc. are obtained, which are probably of Upper Devonian age.

Included in the fossils mentioned above are 4 new species described for the first time,

### 3. 西藏芒康县海通晚二叠世双壳类动物群的发现及其意义

方宗杰

(中国科学院南京地质古生物研究所)

芒康、海通一带的二叠系,最初由四川省地质局第三区测队(1974)进行工作,划分出下二叠统交嘎组 and 上二叠统妥坝组。其中妥坝组下部为深灰—灰黑色页岩、炭质页岩、粉砂岩夹煤线、砾岩、砂岩、中基性火山岩,厚150—250米,产腕足类、三叶虫等。上部为深灰色泥岩、粉砂岩夹砂岩、硅质岩、泥质灰岩、泥灰岩及基性火山岩,厚300—400米,产瓣: *Codonofusiella* cf. *fusiformis*; 腕足类: *Squamularia inaequilateralis*, *S. grandis*, *Dictyoclostus graciosus*, *D.* cf. *margaritatus*, *D. yangtzaensis*, *Leptodus eef. tenus*, *Marginifera typica*。双壳类仅1属1种: *Liebea sinensis* Frech (= *Permoperna trapezoidalis* (Kayser))。

班公错—丁青—怒江一线在大地构造上被视为一条重要地质界线,而藏东妥坝煤系正位于该线东部急转南下的转折端附近。因此,对这一含煤地层及其生物群的研究,近年来一直为地质工作者所注目。

1982年夏,中国科学院青藏高原综合科学考察队古生代组(陈挺恩、耿良玉、王克良、方宗杰)对海通的二叠系进行了考察,并在妥坝组上部采集到相当丰富的海相化石,除腕足类、双壳类外,还发现若干头足类(菊石、角石、箭石)、腹足类、介形类等化石。

头足类经梁希洛同志鉴定,包括如下属种: *Pseudogastriceras* sp., *Konglingites* sp., *Araxoceratidaegen.* et sp. indet., *Lopingoceras* sp., ? *Eulomoceras* sp.

这些化石保存虽不甚理想,难以确切鉴定到种,但其组合面貌和华南龙潭期菊石群完全一致。其中 *Konglingites*, *Eulomoceras*等均系华夏菊石群的特征分子,它们在西藏尚属首次发现,这就为藏东妥坝煤系时代的确定进一步提供了依据。

#### 一、海通双壳类动物群概述

藏东妥坝组的双壳类化石,陈楚震(即将出版)曾作过研究,但数量不多,仅7属8种: *Astartella tobaensis* Zhang, *A. symmetrica* Liu, *Gujocardita* cf. *curta* (Liu), *Permoperna sinensis* (Frech) (= *P. trapezoidalis* (Kayser)), *Streblochondria* cf. *shouchangensis* Ku et Chen, *Liebea* cf. *tumida* Chen, *Sanguinolites tobaensis* Chen, *Wilkingia* cf. *simplex* Merla。

海通的双壳类化石经笔者初步鉴定,计有24属43种和亚种。过去还从未在西藏高原上发现过属、种内容如此丰富的二叠纪双壳类动物群。因此,对它的研究,不仅在古生物学、地层学上有重要意义,而且还将为大地构造和古动物地理区划提供可资利用的依据。属种名单如下(新属、新种名单暂未列入): *Nuculopsis wymmensis* (Keyserling), *Phestia hunanensis* (Ku et Chen), *Palaeoneilo shaoyangensis* Fang, *P. guizhouensis* Chen et Lan, *P. sunanensis* Liu, *P. symmetrica* Fang, *Solemya* (*Janeia*) sp., *Grammatodon* (*Cosmetodon*) sp., *G. (C.) obsoletiformis hubeiensis* (Hayasaka), *promytilus semiorbicula-*



*ris* Fang, *P. curioides* Yin et Gan, *Towapteria guizhouensis* Yin et Gan *Aviculopecten* sp., *Etheripecten sichuanensis* Liu, *Euchondria* sp., *Crenipecten exilis* Liu, *C. lianyuanensis* Fang, ? *Streblochondria* sp., *Streblopteria* spp., *Pernopecten Aymmetricus* Newell, *P. symmetricus curtus* Liu, *P. sichuanensis* Liu, *P. sp.*, “*Lima*”*xiangnanensis* Fang, “*L.*”*nana* Fang, “*L.*”*tenuilineata* Fang, “*L.*” sp., *Lopha?* sp., *Schizodus jiangxiensis* Li et Ding, *S. spp.*, *Gujocardita curta* (Liu), *Stutchburia jiangxiensis* (Gu et Liu), *Astartella symmetrica* Liu, *Edmondia nebrascensis* (Geinitz), *Sanguinolites* sp., *Wilkingia* cf. *komiensis* (Maslennikov), *W. sp.*。

本动物群虽然包括较多地方性分子，但其最显著的特点，就是它和华南、日本同期双壳类动物群的联系。上述名单中，除*Nuculopsis wymmensis*, *Edmondia nebrascensis*等少数广布性物种外，大多系我国南方早二叠世晚期至晚二叠世早期常见的分子，它们约占整个动物群总数的60%左右。其中*Gujocardita curta*, *Etheripecten sichuanensis*, *Crenipecten exilis*, *Palaeoneilo guizhouensis*, *P. sunanensis*, *Phestia hunanensis*, *Stutchburia jiangxiensis*, *Pernopecten symmetricus curtus*等在我国南方各省的二叠系中有着十分广泛的分布。*Pernopecten Aymmetricus*, *P. sichuanensis*, *Astartella symmetrica*, *Promytilus aurioides*等则是我国四川、贵州一带晚二叠世地层中常见的分子。“*Lima*”*xiangnanensis*, “*L.*”*tenuilineata*, “*L.*”*nana*, *Palaeoneilo symmetrica*, *P. shaoyangensis* *Crenipecten lianyuanensis*, *Promytilus semiorbicularis*等均系笔者最近根据湖南标本建立的种名，它们在妥坝煤系的出现，更进一步证实了二叠纪时藏东和华南之间的紧密联系。

尤为引人注目的是，本动物群中还包括了几个在日本和我国南方都有着广泛分布的分子，如*Permoperna trapezoidalis*, *Towapteria* cf. *nipponica*, *Grammatodon* (*Cosmeodon*) *obsoletiformis*等。

Nakazawa和Newell (1968)曾详细地研究了日本二叠纪的双壳类动物群，当时他们共创立了5个新属：*Gujocardita*, *Pyramus planus*, *Tambanella*, *Hayasakapecten*, 及一个新亚属：*Permoperna* (现已提升为独立的属)。这些新属曾被视为日本二叠纪特有的地方性分子。然而，近年来的工作证实，它们在我国南方诸省分布也十分广泛。这一事实对于古动物地理学的研究，无疑有重要意义。

## 二、华夏动物群概述

二叠纪时，我国南方位于特提斯海的东段，在古动物地理区划上属于特提斯大区(Tethys-realm)。赵金科(1965, P. 1823; 1966, 179页)<sup>(15)</sup>曾主张将中国南方长兴组及大隆组所含的菊石称之为华夏菊石群或长兴菊石群。后来，华夏菊石群这一概念又被扩大到中国南部整个晚二叠世的菊石群(赵金科、梁希洛、郑灼官, 1978, 2页)<sup>(16)</sup>。王惠基等(1980, 199页; 1982, 491页)<sup>(3)</sup>通过对腹足类的研究，表示赞同赵金科的这一主张。

双壳类的研究也得出了相同的结论。在东起日本，西迄藏东，南达中南半岛这一广大区域里，二叠纪时发育着一支面貌独特的双壳类动物群。和世界其它地方同期的双壳类动物群相比，这一动物群具有如下几个特点：

1. 属种内容异常丰富多彩，据笔者初步统计，本动物群至少包括了300个以上的双壳

类物种。属种分异度之高,为世界其它地区所罕见。这充分反映了热带、亚热带海洋动物区系的特点。

2. 在动物群中出现了若干中生代类型的属。如具多韧带带的 *Towapteria*, *Permoperna* 等。具有并韧带带的 *Ensipteria*, 其一般形态和中生代的 *Angustella*, *Cultrioptis* 等极其相似。其它如 *Lopha*(?), *Neoschizodus*, *Costatoria* 等则是主要繁盛在中生代的属。

3. 凡本区域内的二叠纪双壳类动物群,一般都具有较强的地方性,这固然和岩相分异程度较高有关,但实际上还是反映了热带、亚热带海洋动物区系的特征。

4. 本区具有下列广泛分布的特征属: *Gujocardita*, *Permoperna*, *Towapteria*, *Ensipteria*, *Tambanella*, *Paradoxipecten*, *Euchondrioides*, *Hunanopecten*, *Hayasakapecten*, *Actinodontophora*。它们大体上仅限于本区。

根据目前资料,本动物群自茅口期早期即已出现,并很快于茅口期晚期至吴家坪期达到顶峰。这一时期动物群内容最为丰富,常见属种除 *Gujocardita*, *Permoperna*, *Towapteria*, *Ensipteria*, *Paradoxipecten*, *Euchondrioides*, *Hayasakapecten* 等特征属外,尚有 *Palaeoneilo guizhouensis*, *P. sunanensis*, *Phestia hunanensis*, *Grammatodon* (*Cosmetodon*) *tenuistriatus lianyuanensis*, *G. (C.) obsoletiformis*, *Etheripecten sichuanensis*, *Stutchburia jiangxiensis*, *Euchondria jingxianensis*, *E. sinensis*, *Pernopecten sichuanensis*, “*Lima*” *xiangnanensis*, *Astartella symmetrica* 等,可以称之为 *Gujocardita*-*Permoperna* 动物群。至晚二叠世初期,又出现一个新的动物群,主要分子除 *Tambanella*, *Hunanopecten* 外,还有 *Pyromus planus*, *Lopha? murakamii*, *Ensipteria intermedia*, *Aviculopecten spinocostatus*, *Hunanopecten spinosus*, *Euchondria hunanensis*, *Crenipecten exilis*, “*Lima*” *planocostus*, *Solenomya (Janeia) elliptica* 等,它们在我国南方晚二叠世硅质岩相地层中分布尤为广泛,颇具特色,建议称之为 *Tambanella*-*Hunanopecten* 动物群。就目前所知,这个动物群是世界上古生代最高层位的双壳类动物群之一。

不仅软体动物如此,二叠纪时,其它主要化石门类在特提斯海东段同样表现出明显的区域特色。如四射珊瑚的 *Ipciphyllum* 动物群(吴望始, 1975; 吴望始、廖卫华、赵嘉明, 1982)<sup>(9)</sup>, 腕足类的扬子区系(张守信、金玉珏, 1976)<sup>(11)</sup> 等。詹立培、李莉(1979, 114页)<sup>(10)</sup> 也曾从腕足类研究的角度指出,中国南方具有一些广泛分布的典型属,可以考虑做为特提斯海的独立生物亚区。瓣类工作者虽未对特提斯热带、亚热带海域作进一步的划分,但在中国南方确实发育了一些颇有特色的地方性分子,如 *Gallowayinella*, *Parananlingella* 等。值得注意的是,前者在昌都妥坝的卡香达组也有发现(张遵信等, 1979, 231页)<sup>(12)</sup>。

近年来,华南类型的瓣、腕足类、菊石、双壳类等动物化石及华夏植物群化石相继在藏东一带发现,这不仅证明,藏东一带在二叠纪时和华南之间有着极其紧密的联系,康滇古陆当时大概面积较小,未能发挥屏障作用。另一方面,它也说明,这些华南类型的动、植物化石有着大致相同的分布范围。

由此看来,这一区域确实具备了建立独立的古动物地理区的条件,笔者建议称之为华夏动物区系(*Cathaysia faunal province*),它是特提斯大区(*Tethys realm*)的一个分区。

关于华夏动物地理区的范围,不同的化石门类之间可能会略有差异。从双壳类的角度看,本区的北界大体沿着中朝古陆的南缘,向东包括日本本州以南部分。西界是澜沧江大断裂,向南还包括东南亚在内。

Renz (1913, S.555) 曾报道,在希腊海德拉的二叠系中见有 *Liebea sinensis* Frech

(= *Permoperna trapezoidalis* (Kayser))], 但无图影, 也无描述, 因而不能确证是否属实。因此, 华夏双壳类动物群的某些特征分子是否也象菊石或植物那样顺西北方向往高加索以及欧洲地中海地区延伸, 目前尚难定论。

从华夏动物群的分布范围及其发生、发展过程看, 它和同时期的华夏植物群完全可以相互对应。只不过前者因受海相环境的限制, 分布范围稍小些。二叠纪时, 华夏动物群和华夏植物群并立于东亚一带, 这决非偶然的巧合, 而是由当时的古地理环境所决定的。因此, 确定它们的分布范围, 不论是对于古生物地理学的研究, 还是对于地层区划及大地构造学方面的研究, 都有十分重要的意义。

### 三、印度古板块的东界

笔者认为, 华夏动物地理区和冈瓦纳区系之间的界线实际上就是印度古板块的东界和北界。关于这条界线, 当前主要有两种观点, 一种意见是班公错<sup>①</sup>—丁青—怒江断裂带, 另一种意见是雅鲁藏布江一线。笔者倾向于前一种意见, 但主张将东界东移到澜沧江大断裂一线。

最近, 方润森<sup>②</sup>(1982)、范健才<sup>②</sup>(1982) 分别报道了滇西耿马小新寨早二叠世的腕足类、苔藓虫动物群, 认为可与巴基斯坦盐岭及我国珠穆朗玛峰地区同期动物群对比, 应属冈瓦纳生物区系。

据 Waterhouse(1982)报道, 在泰国南部安达曼海中的Ko Muk岛和Ko Phi Phi岛, 于Phuket群含砾泥岩中, 采获早二叠世冷水型腕足类动物群。

上述诸化石点均分布于澜沧江断裂带一线之西侧。

在澜沧江大断裂之东侧, 我所陈金华同志曾在云南鹤庆黑泥哨煤矿黑泥哨组中采到 *Gujocardita curta* 等双壳类化石, 证实应属华夏动物群。

Nakazawa(1973)描述研究了采自马来半岛彭亨(Jengka Pass, Pahang)以双壳类为主的二叠纪动物群, 包括14个双壳类物种, 8个腕足类种, 大多仅鉴定到属。笔者最近仔细查阅了该文的描述和图版, 其中, *Aviculopecten malayensis* Nakazawa 据其壳饰特征似应归入 *Paradoxivecten* 属。此属系华夏动物群的特征分子。其它如 *Palaeoneilo* sp. indet. a, *P.* sp. indet. b, *Phestia* sp. indet., *Parallelodon* sp. indet. 分别和我国南方常见的 *Palaeoneilo sunanensis* Liu, *P. qujiangensis* Zhang, *Phestia hunanensis* (Ku et Chen), *Grammatodon* (*Cosmetodon*) *tenuistriatus lianyuanensis* (Zhang) 十分相似, 其中有的可能就是同一个种。再加上 Nakazawa 原来鉴定的 *Promytilus* sp. aff. *P. maiyensis* Nakazawa et Newell 等, 整个动物群显示出强烈的华夏动物群色彩。共生的腕足类如 *Spinomarginifera kueichowensis* Huang, *Orthothetina* sp. indet 等也同样表现出和我国南方、日本同期动物群极其相似的特点。

由此可见, 位于芒康、鹤庆、马来西亚彭亨和八宿来姑(金玉玕、梁希洛、文世宣, 1977)<sup>1,4</sup>、耿马小新寨、泰国 Ko Muk 岛之间的澜沧江大断裂一线, 应当是二叠纪时印度古板块的东界。

目前, 关于喜马拉雅区之归属冈瓦纳生物区系, 似无异议, 但对于冈底斯—念青唐古拉

① 最近, 刘本培、崔新省(1983)报道, 在班公错以北日土县多玛一带发现 *Eurydesma* 动物群, 并将界线北移到龙木错一线

② 参见“金沙江、澜沧江、怒江区域地质论文摘要汇编”。地质部三江专著编辑委员会, 1982年4月

区的归属,众说纷纭,迄今尚无定论。由于雅鲁藏布江以南冷水动物群分布比较广泛,而江北暖水动物群发现较多,因此,一些地质工作者就倾向于将雅鲁藏布江当作冈瓦纳区和特提斯区的分界线。但当出现与上述规律矛盾的现象,即暖水动物群出现在江南,而冷水动物群发现在江北时,问题便变得复杂了。他们将江北出现的冷水动物群解释为“广布性属种”(尹集祥、郭师曾,1979,54页)<sup>(7)</sup>或“广相性分子”(吴望始、廖卫华、赵嘉明,1982,118页)<sup>(10)</sup>。而江南出现暖水动物群的地层(如拉赛拉灰岩、奇底宗灰岩)则被当成外来岩块或飞来峰(尹集祥、郭师曾,1976,307页)<sup>(7)</sup>。

关于拉赛拉灰岩和奇底宗灰岩,王玉净、穆西南(1980)曾作过比较详细的讨论,指出“拉赛拉灰岩和奇底宗灰岩中的生物群组成分子,在喜马拉雅山及其邻近地区二叠纪地层中不断发现,把这两种灰岩视作‘外来岩块’的看法应当重新考虑。”笔者赞同他们的意见。就目前所知,以*Neoschwagerina*或*Iranophyllum*为代表的暖水动物群在巴基斯坦盐岭、印度库蒙、阿富汗、伊朗东部、帝汶岛、喀喇昆仑等地均有发现,看来它们本来就存在于这个区域,并不一定非要用外来岩块或飞来峰才能加以解释。尽管目前在雅鲁藏布江的南北尚未找到完整的剖面,以澄清*Iranophyllum*动物群和*Lytvolasma*动物群的相互层位关系,但王玉净、穆西南在文章中以大量例子说明,含有以单体珊瑚*Lytvolasma*为代表的冷水动物群,和以造礁珊瑚*Iranophyllum*为代表的暖水动物群的地层,在不少地区是上、下关系。本文列举的耿马小新寨早二叠世冈瓦纳型腕足类、苔藓虫动物群之上也是以*Neoschwagerina*为代表的暖水动物群。

值得注意的是,这些冷水动物群在下,暖水动物群在上的产地(暖水动物群的层位一般都是属于茅口期的),不是分布在南方冈瓦纳古陆的北部边缘,就是分布在北方安加拉古陆的南部边缘,王玉净、穆西南(1981)曾分别称之为冈瓦纳—特提斯区和安加拉—特提斯区,并指出它们分别位于当时的南温带和北温带。看来,在二叠纪早期,这些位处温带区的海洋由于受冰期气候的影响,海水温度较低,故而繁育冷水动物群。以后随着大陆冰盖的消融,至茅口期,全球气候明显变暖,海水温度也随之提高。相比之下,温带区海水温度提高幅度较大,同时,暖流的活动也大大增强,这样就使原先局限于热带、亚热带区域的特提斯暖水动物群范围大大扩展了。

Lowenstam(1964, p. 229, p. 230)<sup>(23)</sup>曾利用氧同位素测定澳大利亚西北部二叠纪时海水的古温度,撒克马尔期为 $7.7^{\circ}\text{C}$ ,阿丁斯克期则分析了四个层位,由下而上分别为 $24-26^{\circ}\text{C}$ 、 $23^{\circ}\text{C}$ 、 $19-23^{\circ}\text{C}$ 、 $17.4^{\circ}\text{C}$ ,证明其变化很大。澳大利亚西部二叠纪时也位于冈瓦纳古板块的北部边缘,也属南温带。由此可以想见,古地理位置与之相似的喜马拉雅区、冈底斯—念青唐古拉区和滇西区一带当时的海水温度也应当存在类似的变化。这一区域二叠纪时生物群由下而上出现的变化与上述古温度数据是大致吻合的。

以上只不过是対一般概况的推测,自然界的实际情况当然还要复杂得多。冈瓦纳古板块和古欧亚板块在当时虽然是两个分离的板块,但位于它们之间的特提斯海却是同一个海洋整体,南、北特提斯之间的海水是相通的,因此,海洋生物群的迁徙并不因板块的分离而受到限制。再者,二叠纪是地史时期中气候变化最剧烈的时期之一,故而当时海水温度的变化,不仅幅度较大,而且波动比较频繁。气候的变化还影响海流的运动方向、形式和强度,而冰川—海面升降运动使海陆轮廓出现某种程度的变化……。上述这些因素都将影响海洋生物的分布和迁移。所以,如果在冈瓦纳古板块北部的某些边缘地带出现一些冷、暖水动物群交互甚至混生的现象,亦不足为奇。

总而言之,以茅口期暖水动物群的分布范围作为标准来划分冈瓦纳古板块和古欧亚板块,显然很不合适。就目前掌握的资料看,二叠纪时的特提斯海位跨热带—南温带这一广大区域,海面应当是比较开阔的。它的北支,即一般通称的特提斯区,在二叠纪时始终保持着热带、亚热带气候;而南支,即冈瓦纳古板块的北部边缘地带,则属典型的温带气候。这一总的气候分异是清楚的,并由此而造成南北支之间在生物群的组成及演变历史上的差异。因此,尽管可能存在上述种种复杂情况,至少在二叠纪初期,北支的特提斯海洋生物区系和南支的冈瓦纳海洋生物区系的分野还是清楚的,至于早二叠世晚期,在冈瓦纳区系的北部边缘海出现特提斯型暖水动物群,则恰好反映了温带区的特点。因此,笔者认为用冷水动物群的分布范围作为确定印度古板块北部边界的标志,还是比较合乎客观实际的。

还应当指出的是,被大多数学者认为是属于冰海相沉积的含砾板岩,不仅在雅鲁藏布江以南有着广泛的分布,而且还出现在雅鲁藏布江的北侧和东侧。尽管对其成因还存在某些疑问(尹集祥、郭师曾,1979,54页)<sup>(7)</sup>,但它们在从克什米尔、喀喇昆仑(日土县多玛一带)至八宿来姑、泰国Ko Muk, Ko Phi Phi,大致以印度Talchir冰川为中心的扇状区域里分布广泛,层位稳定,并常伴生有冷水动物群。含砾板岩和冷水动物群分布范围的一致,恐非偶然现象。它们迄今未见于龙木错—丁青—澜沧江一线以北或以东,这也说明在当时的特提斯海南、北侧边缘陆架之间,可能还存在比较开阔的洋面。含砾板岩的分布从另一侧面证实,冈底斯—念青唐古拉区以及滇西区在二叠纪时和雅鲁藏布江以南的喜马拉雅区一样,应属印度古板块边缘的组成部分。应当承认,雅鲁藏布江之南北,在沉积和生物群方面确实存在一定差异,一般说来,南带的冈瓦纳色彩更为明显。如果考虑到这两个地带在特提斯海中的地理位置,以及在古纬度上的差别,这种差异自然不难理解。

总之,从目前掌握的资料看,冈瓦纳生物区系向北已扩展到龙木错—丁青—澜沧江一线,雅鲁藏布江并非二叠纪时冈瓦纳古板块和古欧亚板块的分界线,而是一条时代较新的板块缝合线。

本文草成后,承蒙陈楚震、文世宣、徐均涛等同志提出宝贵意见,特此致谢。

### 参 考 文 献

- (1) 中国的瓣鳃类化石编写小组,1976,中国的瓣鳃类化石,科学出版社。
- (2) 王玉净、穆西南,1980,对西藏喜马拉雅区二叠系的一些新认识,地层学杂志,4(2)。
- (3) 王惠基、席与华,1980,贵州西部晚二叠世—早三叠世腹足类化石。黔西滇东晚二叠世含煤地层和古生物群,科学出版社。
- (4) 王惠基,1982,广西来宾合山上二叠统腹足类化石,古生物学报,21(4)。
- (5) 方宗杰,1982,论二叠股蛤(*Permoperna*) (双壳类)。古生物学报,21(5)。
- (6) 方宗杰,(待刊),湖南南部二叠系中上部双壳类动物群。中国科学院南京地质古生物研究所丛刊。
- (7) 尹集祥、郭师曾,1979,珠穆朗玛峰及其北坡的地层。珠穆朗玛峰科学考察报告(1975),地质,科学出版社。
- (8) 刘本培、崔新省,西藏阿里日土县宽铰蛤(*Eurydesma*)动物群的发现及其生物地理区系意义,地球科学—武汉地质学院学报,1983(1)。
- (9) 吴望始,1975,珠穆朗玛峰地区的珊瑚化石,珠穆朗玛峰地区科学考察报告(1966—1968),古生物(第一分册),科学出版社。
- (10) 吴望始、廖卫华、赵嘉明,1982,西藏古生代四射珊瑚,西藏古生物,第四分册,科学出版社。
- (11) 张守信、金玉珏,1976,珠穆朗玛峰地区上古生界腕足动物化石,珠穆朗玛峰地区科学考察报告(1966—1968),古生物(第二分册),科学出版社。

- (12) 张遵信、穆西南、孙东立、董得源, 1979, 西藏昌都“妥坝煤系”的新认识, 地层学杂志, 3 (3)。
- (13) 陈楚震, (待刊), 藏东、川西、滇西晚古生代和三叠纪瓣鳃类化石。
- (14) 金玉珩、梁希洛、文世宣, 珠穆朗玛峰北坡二叠纪动物化石的新资料, 地质科学, 1977 (2)。
- (15) 赵金科, 1966, 中国南部二叠系菊石层, 地层学杂志1(2)。
- (16) 赵金科、梁希洛、郑灼官, 1978, 华南晚二叠世头足类。中国古生物志, 总号第154册, 新乙种第12号。
- (17) 姚兆奇、徐均涛、郑灼官、赵修祜、莫壮观, 1980, 黔西滇东晚二叠世生物地层和二叠系与三叠系的界线问题, 黔西滇东晚二叠世含煤地层和古生物群, 科学出版社。
- (18) 盛金章、王玉净, 1981, 西藏二叠纪蜓类概貌兼论二叠纪蜓类动物地理区系, 古生物学报, 20 (6)。
- (19) 詹立培、李莉, 1979, 中国二叠纪腕足动物群的分布, 国际交流地质学术论文集(二), 地层古生物, 地质出版社。
- (20) Chao King-koo (赵金科), 1965, The Permian ammonoidbearing formation of South China. Scientia Sinica, 16, (12)。
- (21) Wang Yu-jing (王玉净) et Mu Xi-nan (穆西南), 1981, Nature of the Permian biotas in Xizang and the Northern boundary of the Indian plate. Geological and ecological studies of Qinghai-Xizang Plateau, Science Press, 1.
- (22) Wen Shi-xuan (文世宣) et al., 1981, Sedimentary development and formation of stratigraphic region in Xizang. Ibid.
- (23) Lowenstam, H. A., 1964, Palaeotemperatures of the Permian and Cretaceous periods. In A. E. M. Nairn (ed.), Problems in palaeoclimatology, Interscience Publishers, London New York, Sydney.
- (24) Nakazawa, K. et Newell, N. D., 1968, Permian bivalves of Japan. Mem. Fac. Sci. Kyoto Univ., Geol. and Min., 35(1)。
- (25) Nakazawa, K., 1973, On the Permian fossils from Jengka Pass, Pahang, Malay Peninsula. Tohoku Univ., Sci. Rep., 2nd Ser. (Geol.), Special volume, NO(6)。
- (26) Renz, C., 1913, Neuere Fortschritte in der Geologie und Paläontologie Griechenlands, mit einem Anhang über neue indische Dyas-Arten. Deutschen geol. Gesell. Zeitsch., 64.
- (27) Waterhouse, J. B., 1982, An early Permian cool-water fauna from pebbly mudstones in South Thailand. Geol. Mag., 119, (4)。

## DISCOVERY OF FOSSIL BIVALVES FROM LATE PERMIAN OF HAITONG, MARKAM, XIZANG, WITH SPECIAL REFERENCE TO THEIR PALAEOBIOGEOGRAPHY PROVINCES

Fang Zongjie

Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica

Abstract

In 1982, new fossils including cephalopods and bivalves from the upper part of the Toba Formation of Haitong, Markam have been found, which have important bearing on the palaeobiogeography and tectonic history of Hengduan Mountains.

This fossil bed is considered to be early Late Permian in age from the following cephalopod fossils (identified by Liang xiluo): *Pseudogastriceras* sp.,

*Konglingites* sp., *Araxoceratidae* gen. et sp. indet., *Lopingoceras* sp., ?*Eulomoceras* sp.

As compared with cephalopods, the bivalves are more abundant and include forty-three species and subspecies belonging to twenty four genera. The Haitong bivalve fauna suggests a close relationship with that of South China and Japan.

The resemblance among the marine Permian faunas in East Xizang and South China and Japan is so striking that one single faunal province must be envisaged which can be called Cathaysia faunal province, characterized by bivalve genera: *Gujocardita*, *Permoperna*, *Towopteria*, *Ensipteria*, *Paradoxipecten*, *Euchondrioides*, *Tambanella*, *Hunanopecten*, *Hayasakapecten*, *Actinodontophora*. The resemblance is also remarkable for the *Ipciphyllum* fauna (Wu, 1975), yangtze brachiopod fauna (Zhang et al., 1976), Cathaysia ammonoid fauna (Chao et al., 1978) and so on. The above-listed bivalve genera are known almost only in this province which is located in the tropics or subtropics and considered as a part of Tethys realm.

Included within Cathaysia faunal province is the whole South China, most of Japan and Southeast Asia. The northern boundary runs along the southern border of Sino-Korean Land, the western boundary is placed on the Lancang River Belt. After reviewing the biostratigraphy materials concerned, the author is inclined to suggest that the northern boundary of the Indian plate be placed at the line of Bangong Lake-Dengqen-Lancang River Belt.

## 4. 横断山及其邻区缅甸蛤层的地质时代和卡尼—诺利阶界线

陈 金 华

(中国科学院南京地质古生物研究所)

近些年来,在上三叠统分阶研究中,有一种流传较广的意见,认为我国特提斯型的卡尼阶与诺利阶界线应以那贡动物群的一个“标志性属”缅甸蛤(*Burmesia*)作为划分依据,以这一属的出现作为诺利阶的起点,许多地质工作者采纳了这一意见。但是最近笔者在横断山区的调查中,发现这一意见与事实有矛盾,例如,在有些层位,与缅甸蛤共生的菊石、腕足及其他化石通常显示卡尼期面貌;同时,这些层位中除缅甸蛤外的双壳类组合亦并非属于那贡动物群。对此,必须首先从缅甸蛤的地质时代讨论起。

### 一、缅甸蛤的地质分布

自海勒(Healey 1908)建立缅甸蛤以来,该属迄今已发表8个化石种:

1. *Burmesia latouchii* Healey, 1908<sup>(1)</sup>
2. *B. lirata* Healey, 1908<sup>(1)</sup>
3. *B. praecursor* Krumbeck, 1913<sup>(2)</sup>
4. *E. weberi* Wanner et Knipscher, 1951<sup>(3)</sup>
5. *E. v-sculptata* (Krumbeck) (= *Prolaria v-sculptata*), 1914<sup>(4)</sup>
6. *B. hsuei* Chen (= *B. lirata hsuei* Chen), 1961<sup>(5)</sup>
7. *B. krumbecki* Chen, 1961<sup>(5)</sup>
8. *B. ? qinghaiensis* Lu, 1981<sup>(6)</sup>

此外,考克斯(Cox 1924)<sup>(7)</sup>曾报道过约旦卡尼阶*Burmesia? posteroradiata* Cox 标本,速水(Hayami 1959)<sup>(8)</sup>报道过日本早侏罗世*Burmesia japonica* Hayami 标本,经重新研究这后一种不应归缅甸蛤<sup>(5)(6)(8)</sup>。

上面谈及的8个种,在我国认为属诺利阶。但笔者观察了最后一种即青海缅甸蛤?*B. ? qinghaiensis* Lu的标本和图影<sup>(6)</sup>,发现其“早诺利期”时代是值得怀疑的,青海标本的壳面前部同心装饰显示了缅甸蛤属最原始的特征,它的共生化石亦与诺利期生物群面貌有明显差异(见后讨论)。另外,与青海缅甸蛤特征相似的标本目前也已发现不少,它们均与已知种有别,其鉴定名称可作相应的订正和修改,现列举如下:

1. 贵州清镇地区三桥组的*Burmesia cf. krumbecki*, *B. lirata*和*Prolaria sollasi multiformis* Gan(见甘修明、殷鸿福,1978)<sup>(9)</sup>。这3个种(包括4个标本)实际上具有相同的轮廓和壳饰,本文将它们修改为*Burmesia multiformis* (Gan) (见插图1)。

2. 四川盐源地区舍木笼组的*Burmesia lirata* (见徐济凡1978)<sup>(10)</sup>。这个标本不同于该文内产于须家河组小塘子段的另一个同名标本,也不同于这一种的种型,可归入*B. multiformis* (Gan) 种内。

3. 云南祥云马鞍山地区祥云组罗家大山段下亚段的*Burmesia lirata* (见《云南中生代



红层》1975)<sup>(11)</sup>。此标本未曾用图影反映，我们在同层位内采集到的相同标本前部壳面有“V”型饰。

4. 云南景谷地区威远江组的 *Anomalopleuroides* sp. (见马其鸿等1976)<sup>(12)</sup>。此种标本的壳饰及轮廓与壳体甚大的 *Anomalopleuroides* 属不同，显然归缅甸蛤较妥；鉴于它的装饰与前述 *B. multiformis* 相似，但轮廓不同，本文拟建立一新种 *Burmesia curvacosta*

J. Chen (sp. nov.) (见插图2)。

5. 四川峨嵋地区跨洪洞组的 *Burmesia v-sculpta* (见徐济凡1978)<sup>(10)</sup>。这个标本壳前部具有“V”字型装饰，但与印度尼西亚苏门答腊的种型有明显区别 (Krumbeck 1914)<sup>(4)</sup>，它的特征处于 *B. lirata* 与 *B. multiformis* 之间，本文改建一新种 *Burmesia sichuanensis*

J. Chen (sp. nov.) (见插图3)。

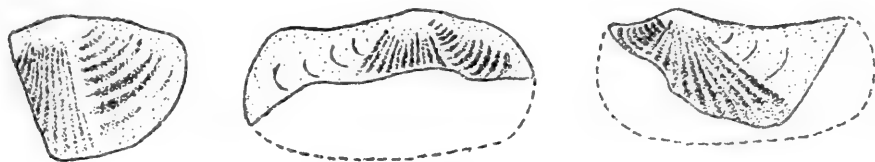


图1 *Burmesia multiformis* (Gan)  
(均×2, 据甘修明、殷鸿福 1978)



图2 *Burmesia curvacosta* (sp. nov.)  
(均×1, 据马其鸿等 1976)



图3 *B. sichuanensis* (sp. nov.)  
(×1.5, 据徐济凡1978)

上述经修订的5个地区标本，有两个共同特点：(1) 它们的壳前部装饰为同心饰或与同心饰接近，即与青海缅甸蛤相似，是本属中较原始的类型；(2) 它们的产出层位均低于目前所认识的那贡动物群层位，其中除三桥组及威远江组属于无争议的卡尼阶外，舍木笼组、祥云组罗家大山段下亚段，以及跨洪洞组的层位也位于斜脊缅甸蛤层 (*B. lirata*) 之下，而且后两个地层单位内与缅甸蛤共生的菊石均显示卡尼晚期的面貌<sup>(11)(13)</sup>。笔者最近在云南西北部宁蒗地区还发现一个有意义的事实：*Burmesia multiformis* (Gan) 种与卡尼晚期的腕足类 *Sanqiaothyris elliptica*, *Rhaetionopsis ovata* 及双壳类 *Entolium tenuistriatum rotundum*, *Angustella angulata* 等共生，产于卡尼早期的 *Lilangina nobilis* 层之上，而直接位于早诺利早期的菊石带 *Mojsisovicsites* 带之下<sup>(14)</sup>。这些材料无疑从地层序列

上证明, 缅甸蛤的地质历程并非限于诺利阶, 而应始自卡尼阶。

关于威远江组和小煤洞组的时代, 我也想借机稍作讨论。前一组以往被笼统地称为卡尼阶<sup>(11)</sup>, 但它的双壳类属种面貌<sup>(12)</sup>与阿尔卑斯地区早卡尼期圣·卡息安层生物群是完全相当的<sup>(15)</sup>。最近, 林敏基(未刊资料)在滇南威远江组下部地层内发现了中三叠世晚期(拉丁期)的*Daonella*化石; 郭福祥在与笔者交换意见时亦认为威远江组的上覆地层大平掌组仍属于卡尼阶(可能为卡尼晚期), 因为其生物群面貌是威远江组的延续。看来, 威远江组的确切时代很可能不晚于早卡尼期。青海的小煤洞组, 位于大通附近, 是我国古地中海区晚三叠世海相层最北的一个化石点, 这一化石点的发现在我国海侵史的研究上无疑具有重要意义, 但它的“早诺利期”时代是值得讨论的。据报导, 这一组产双壳类18种<sup>(6)</sup>, 其中特征性的种*Kumatrighonia qiaotouensis* Lu 十分相似于景谷威远江组的*K. jingguensis* (J. Chen)<sup>(12)</sup>, 后一种也曾见于藏南卡尼早期土隆群上组下部<sup>(16)</sup>。小煤洞组还繁盛*Hoernesia*和*Heminajas*, 这两属在欧洲特提斯区多见于中三叠世至卡尼期, 而诺利期却很少见到; 此外, 在小煤洞组18种化石中, 除地质历程较长的晚三叠世分子外, 所谓“*Unionites griesbachi*”和“*Yunnanophorus*”亦分别与它们的典型分子有较大的出入。由此看来, 小煤洞组的时代为“诺利早期”是十分勉强的(对此, 笔者曾与鲁益巨同志交换过看法), 而似乎归卡尼阶较宜, 从特征分子看它可能与威远江组相当。

## 二、缅甸蛤与那贡动物群的关系

在我国西部地区, 缅甸蛤大量出现的层位(于已经较详研究过的地层序列中)有: 滇中祥云组罗家大山段上亚段, 滇西北松桂组中部, 滇东南及黔西火把冲组(火把冲组在各地的含义不同, 本文指具有*Costatoria napengensis*—*Burmesia lirata*组合的层位, 而非指*Yunnanophorus*—*Indosinion*层), 滇西白基阻组中部, 川中须家河组小塘子段, 藏南土隆群上组上部等。这些层位的缅甸蛤以*B. lirata*群为特征。藏东北、川西、青南等地的有关层段也有上述缅甸蛤种群的记录, 但地层序列尚未完全查清。有意义的是滇中和滇西北区, 这一缅甸蛤种群常与菊石共生在一起。最近, 何国雄在鉴定宁蒗地区诺利阶菊石后, 区分出三个菊石带<sup>(14)</sup>, 自下而上是: (1)早诺利早期的*Mojsisovicsites*带; (2)早诺利晚期的*Malayites*—*Pseudocardioceras*带; (3)中诺利早期的*Juvavites*带。这三个国际性对比的菊石带, 分别共生很多双壳类化石, 但是*B. lirata*群仅出现于第一个菊石带。在滇中和藏南也有类似情形, *B. lirata*仅与诺利早期的*Paratibetites*, *Metatibetites*等共生, 而从未发现于中诺利期地层(如祥云组花果山段、曲龙共巴组和德日荣组)<sup>(11)(12)(16)</sup>。由此, 可以初步认为, 缅甸蛤的地质历程上限可能为早诺利期。

那贡动物群是一个诺利期生物群, 已有菊石化石证明, 恐怕是毋庸置疑的了。现有人提出那贡动物群可以下延至卡尼期, 我们认为这是一种误解, 这可能与对那贡动物群含义缺乏了解及以往将缅甸蛤层等同于那贡层的认识有关。对此, 笔者认为应该指出: 实际上, 缅甸蛤层不等于那贡层, 而仅仅缅甸蛤的一个种群属于那贡动物群的成员, 这一点在前面论述中已提到。真正的那贡动物群, 应以海勒(1908)<sup>(1)</sup>描述为基础, 结合后人的一些补充修订, 它的主要分子有: *Costatoria napengensis*, *Burmesia lirata*, *Fakevella praecursor*, *Catella laticlava*, *Palaeocardita singularis*, *P. mansuyi*, *Entolium quotidianum*, *Halobia subrugosa*, *H. fallax*, *Nuculana yunnanensis*, *Unionites griesbacni*, *Pla-*

*giostoma nuitoensis*, *Plicatula carinata*, *Prolaria sollasi*, *Sichuania difformis*, *Pergamidia* spp., *Krumbeckiella* spp., *Indopecten* spp. 等。最近, 我们对那贡动物群进行反复研究后, 认为可以根据不同地区的生物群面貌, 划分出3—6个组合或化石层。仅就丽江、宁蒗、永胜、鹤庆等地, 与那贡动物群有关的3个菊石带相应共生下述双壳类组合: (1) 早诺利早期的 *Costatoria napengensis*——*Eurmesia lirata* 组合; (2) 早诺利晚期的 *Indopecten* 组合; 及 (3) 中诺利早期的 *Pergamidia*——*Krumbeckiella*——*Catella patyclava* 组合<sup>(14)</sup>。可以看出, 出现在诺利期的缅甸蛤只有一个层位, 即早诺利早期。在其它地区, 这个缅甸蛤层也是稳定的, 至今还未曾在更晚的地层中找到这一属的分布证据。然而, 上述三个组合中的后两个组合无论如何也是属于那贡动物群。因此, 从地质时代看, 那贡动物群应为诺利早、中期, 它自然与自卡尼期至诺利早期的缅甸蛤层不是一回事。这两者仅在诺利早期 (或早诺利早期) 共生在一起。

### 三、缅甸蛤的种群演化趋向

陈楚震<sup>(5)</sup>曾将缅甸蛤划分为两个种群, 后鲁益巨<sup>(6)</sup>又补充成3个种群: (1) *B. latouchii* 群, 壳前部具放射饰 (仅 *latouchii* 一种), 本文称射饰种群; (2) *B. lirata* 群, 壳前部具斜脊 (包括 *lirata*, *proecursor*, *weberi*, *v-sculptata*, *hsuei*, *krumbecki*), 本文称斜脊种群; (3) *B. qinghaiensis* 群, 壳前部具同心饰 (当时仅包括 *qinghaiensis* 一种), 本文称同心饰种群。根据前面补充修订的材料, 最后一个种群还应包括 *multiformis*, *curvacosta* 和 *sichuanensis* 三种, 最后一种介于 (2) 和 (3) 种群间。

我们知道, 缅甸蛤通常被归在笋海螂超科 *Pholadomyacea* 内, 这一超科的生活习性以深钻洞方式为主。在此类生活习性中, 壳面装饰特别是壳前部装饰常会随着生物体的钻洞需要而改变 (Stanley 1970)<sup>(17)</sup>; 也就是说, 这类生物壳饰的增强, 是挖掘泥沙这一运动的需要, 是功能性适应的反映。在缅甸蛤中, 我们在前面所见到的同心饰种群出现层位低于斜脊种群和射线种群这一现象, 可能就表明后两个种群是前一种群在长期的生态适应过程中演化出来的。下面我们简单阐述这一推想的演化过程。

比较之下, *B. qinghaiensis* 种是本属内最原始的类型, 因为它的壳前部仅有同心生长线, 而生长线在壳体挫动泥沙进行钻洞的过程中几乎起不到什么辅助作用 (插图 5a); 在频繁的钻洞生活中, 壳前部的同心状装饰逐渐增强起来, 形成某些凸起的圈状或皱状粗糙面, 例如, 在 *B. curvacosta* 和 *B. multiformis* 两种内, 这样的装饰至少能够起到部分的挫动和排除泥沙的功能, 而这种功能的增强对于生物体的生存和发展是有利的因素, 此时本属进入了发展时期 (插图 5b); 但是, 根据实验, 双壳类的钻洞常常按旋转摆动方式进行 (图 4), 在这个方向上, 同心饰挫动泥沙的功能自然比不上斜向饰和放射饰, 因此就在这一阶段的后期演化出了斜向饰的雏型即“V”型脊, 如 *B. sichuanensis* (插图 5c)。这一组“V”型脊



图 4 缅甸蛤钻洞方式示意图

的前半部如果进一步强化而替代了后半部的功能,那就可能单向发展变为斜脊,如*B. lirata* (插图5d);而“V”型脊的后半部如果强化,取代了前半部的功能,则就会向射线种群方向演变,成为*B. latouchii* (插图5e)。这后两种类型,组成本属的繁盛时期,使本属进入种群分异度高峰阶段(目前已见7种)。与此同时,代表先进类型的射线种群*B. latouchii*可能还会进一步分化(这种分化主要表现在壳体形态上,而不是表现在已经比较先进的前部装饰上),演变出一个属一级的分枝*Prolaria*,后一属的壳饰无论如何与*B. latouchii*是很接近的。

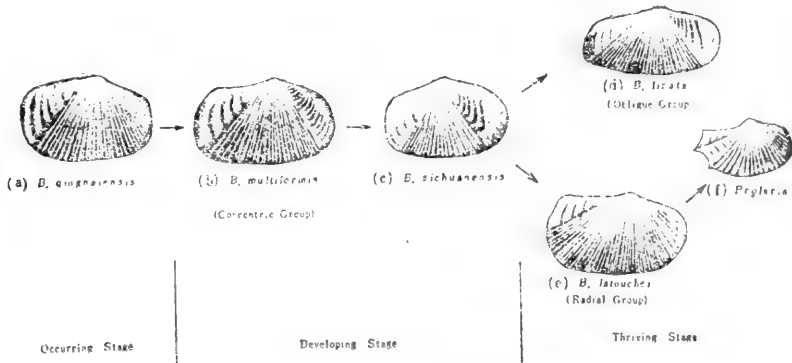


图5 缅甸蛤种群演化关系示意图

在图5中,我们仅表达了缅甸蛤的产生、发展及繁盛三个阶段,而没有对它的祖先及后裔作进一步探索。笔者考虑,侏罗纪繁盛的*Myopholas*属很可能与缅甸蛤有密切关系,前者可能是后者的演化产物,但目前尚未得到充分的证据来论证缅甸蛤这个区域性的属(仅分布于亚洲),为何到了侏罗纪得以发展为广布世界各地的*Myopholas*属。此外,还要说明,从壳饰特征上看,*B. curvacosta*种已较接近于*B. multifurcata*种,但在层位分布上,前者早于后者。可以看到,在*B. qinghaiensis*——*B. curvacosta*——*B. multifurcata*这一循序演变过程中,壳饰变化并不十分显著,而所需时间却较长(将近一个阶期的时间),其原因很可能与生物在演变初期需要作长期的适应性调整有关。而在演化后期,一旦它们获得一个稳定的演变方向,便可能在较短的时间内产生出比较丰富的类型。因此,我们虽然认为*Prolaria*属是由*Burmesia latouchii*演化出来的,但却并不认为这一演化过程需要很长的时间(例如二分之一一个阶期),而只要较短的时间,甚至不超过几十万年至几万年,缅甸禅邦地区这两个属种的共生<sup>(1)</sup>便是一个例证。

#### 四、西部几个地区卡尼—诺利阶界线讨论

中国西部几乎所有地区的海相卡尼阶与诺利阶是连续的,岩性常常是过渡的,因而在界线划分上不能不依据于生物群面貌。笔者根据最近几年积累的地层古生物资料,对界线附近的双壳类组合作如下划分(表1)。

##### 1. 滇中

祥云组罗家大山段按岩性划分为上、下两段<sup>(11)</sup>,上亚段产*Costatoria napengensis*——*Burmesia lirata*组合,属早诺利期,下亚段如前述产*Burmesia multifurcata*,此外还有其它双壳类*Pseudomyoconcha cf. wohrmanni*, *Angustella angusta*, *Parallelodon cf. rudis*, *P. sturi*, *Cassianella angusta*, *Mysidioptera* spp. 及菊石: *Tropites Kalapa-*

表1 中国西部卡尼——诺利阶线附近双壳类组合划分表

| 时 代  | 滇 中                   | 滇 西                     | 滇西北         | 滇 南         | 滇东—黔西       | 黔西南         | 川中、川西北           | 昌都地区             | 藏 南              |
|------|-----------------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------|------------------|------------------|
| 晚诺利期 | 祥云组<br>白土田段           | 白基阻组上部                  | 新普村组        |             |             | “火把冲组”      | 须家<br>庙段         | 夺<br>拉<br>段      | 德目里组             |
| 中诺利期 | 祥云组<br>花果山段           | 白基阻组<br>中下部             | 松<br>桂<br>组 | 诺利阶<br>(局部) | 火<br>把<br>冲 | 把<br>南<br>组 | 小<br>塘<br>子<br>段 | 阿<br>拉<br>拉<br>段 | 曲花<br>共巴组        |
| 早诺利期 | 祥云组<br>罗家大山段<br>上亚段   | ●                       | 组           | ●           | ●           | ●           | ●                | ●                | 达珍组              |
| 晚卡尼期 | 祥云组<br>罗家大山段<br>下亚段 △ | ●<br>虎<br>山<br>组<br>虎厂段 | ●           | 太平寨组        | ●           | ●           | 黔洪洞组<br>△        | 或里拉组或<br>新都桥组    | 上<br>部<br>孔<br>木 |
| 早卡尼期 | 云南驿组                  | ●<br>罗旧<br>村组           | 中窝组         | 威远江组<br>▲   | 乌格组         | “赖石科段”      | 天寿山组             | 早杰拉组<br>?        | 下<br>部           |

● 原始地层划分单位 △ 组合单位 ① 海相部分单位 (a 为早卡尼期, b 为晚卡尼期)

*nicus*, *T. payeri*, *T. acutangulas*, *T. cf. subbullatus* 等, 这个组合属卡尼晚期。在祥云马鞍山剖面上, 这个卡尼——诺利阶界线位于第9层至14层间<sup>(11)</sup>。由于10—13层无化石, 13层又见细砾岩, 故建议界线划在13层底。此界线之上的罗家大山段部分 (厚约1000余米), 可以不再分段; 界线之下的原下亚段部分 (厚400余米), 建议另建组名。至于本区的云南驿组, 似亦应重新研究, 原划出的“灰岩段”在区域岩性特征上很可能属中三叠统, 原“黄绿色页岩段”与“页岩段”则很可能是重复关系, 从后两者中发现的化石看, 仅代表卡尼早期沉积。

## 2. 滇西

剑川、兰坪等地的上三叠统白基阻组包括了卡尼期和诺利期不同时期的沉积, 其中除产早诺利期 *Costatoria napengensis*——*Eurmesia lirata* 以及晚诺利期 *Indosinion* 组合外, 还有卡尼晚期的 *Halobia superba* 组合, 后一以海燕蛤为主的组合在我国西部分布范围较广, 见于川西、藏南、青南等地, 代表浊流沉积。此外, 本区很可能还存在中诺利期地层, 当需进一步研究。

## 3. 滇东南—黔西

这一地区的火把冲组通常代表诺利阶, 而乌格组为卡尼阶。但是, 乌格组的化石面貌仅相当于阿尔卑斯地区卡尼早期的 *Halobia rugosa* 层。因而, 如同滇西北一样, 本区的卡尼晚期地层目前尚未被区分出来, 或许它被笼统地包括在火把冲组内了。

## 4. 黔南

贞丰附近的龙场剖面晚三叠世地层序列较完整。笔者最近对这一剖面的“法郎组赖石科段”化石研究后, 发现其中海燕蛤面貌与滇东乌格组一致<sup>(19)</sup>; 最近, 王义刚 (1983)<sup>(20)</sup> 研究其中菊石后提出了相同的看法; 有意思的是, 云南区测队六分队在云南境内详细工作后的结论也与我们一致 (见云南古生物专业委员会1980年学术年会资料汇编)。因此, “赖石科段”非中三叠统而属卡尼早期。在“赖石科段”之上整合覆盖的把南组, 以往被认为代表整个卡尼阶, 并以贵州脊褶蛤 *Costatoria kweichouensis* 作为特征性化石, 但从把南组中上部这一化石的共生属种看, 其中包含了大量的那贵动物群分子, 如 *Unionites griesbachi*,

*Costatoria verbecki curta*, *Palaeocardita mansuyi*, *Iakevellia praecursor*, *Nuculana yunnanensis*, *Myophoricardium quadratum*, *Intolium quotidianum*等, 表明把南组中上部应属诺利早中期(当然它的下部应是卡尼晚期)。贵州脊褶蛤是一个地方性种, 其时代需进一步研究, 还很难作为卡尼阶的标志性化石。这一区未发现缅甸蛤(除三桥组的缅甸蛤外), 是否与诺利期的古地理位置有关, 当需研究。至于本区的“火把冲组”, 我们认为它不等于滇东的火把冲组, 因为其中尚未发现典型的海相化石群, 所产 *Yunnanophorus*—*Indosinion*组合应归诺利晚期。

## 5. 川中、川西北

跨洪洞组及马鞍塘组的时代有争议, 最近边兆祥等研究头足类化石后认为马鞍塘组应属卡尼阶。跨洪洞组存在粗菊石类化石及双壳类 *Halobia* cf. *comata*, *H. comatoides*等<sup>(13)</sup>, 其中的缅甸蛤已在本文内改为 *B. sichuanensis* (sp. nov.), 从组合面貌看, 跨洪洞组包含卡尼阶晚期, 而产那贡动物群的小塘子段应属诺利阶下部。

## 6. 川西—藏东—青南

这一区地层大致分为台地相和浊流相两种类型沉积, 台地型以昌都地区波里拉组为代表, 产卡尼期化石 *Rossiodus*, *Rhaetionopsis ovata*, *Sanguiothyris* aff. *elliptica*等, 其上的巴贡组下部产早诺利阶 *Eurmesia lirata*, *Sichuania difformis*等, 卡尼—诺利阶界线在波里拉组与巴贡组之间。浊流型以复理式建造的新都桥组为代表, 产 *Halobia* 为主的浮游双壳类动物群, 时代与波里拉组相当, 上覆雅江组及格底村组与巴贡组相当。

此外, 西藏南部的上三叠统也存在台地相与浊流相沉积之别, 如喜马拉雅区的台地相卡尼—诺利阶界线已据菊石和双壳类划在土隆群上组内(即扎木热组与达沙隆组之间)<sup>(16)(18)</sup>。最近, 西藏地质二队在穷结、乃东等地调查时, 发现了一套与川西新都桥组相似的海燕蛤复理式建造, 地层尚未命名, 经笔者与巴登珠研究, 这个海燕蛤群主体属卡尼晚期。

## 参 考 文 献

- (1) Healey, M., 1908, *Pal. Indica*, n. s., 2, (4).
- (2) Krumbeck, L., 1913, *Palaeontogr. Suppl.*, 2, (1).
- (3) Wanner, J. and Knipscher, H. C. G., 1951, *Jahrb. f. Geol. Pal. Abh.*, 94.
- (4) Krumbeck, L., 1914, *Palaeontogr. Suppl.*, 4.
- (5) 陈楚震, 1961, *古生物学报*, 9, (2).
- (6) 鲁益巨, 1981, *古生物学报*, 20 (6).
- (7) Cox, L. R., 1924, *Ann. Mag. Nat. Hist.*, (ser. 9), 14.
- (8) Hayami, I., 1959, *Trans. Proc. Pal. Soc. Jap.*, n. s., 34.
- (9) 甘修明、殷鸿福, 1978, 西南地区古生物图册, 贵州分册. 地质出版社。
- (10) 徐济凡, 1978, 西南地区古生物图册, 四川分册. 地质出版社。
- (11) 中国科学院南京地质古生物研究所等, 1975, 云南中生代红层. 科学出版社。
- (12) 马其鸿等, 1976, 云南中生代化石, 上册. 科学出版社。
- (13) 中国科学院南京地质古生物研究所, 1979, 西南地区碳酸盐地层, 科学出版社。
- (14) 陈金华、何国雄、潘华璋、曹美珍, 1983, 青藏高原研究, 横断山考察专集(一), 云南人民出版社。
- (15) Bittner, A., 1895, *Abh. G. R. A.*, 18 (1).
- (16) 文世宣等, 1976, 珠穆朗玛峰地区科学考察报告, 古生物(3). 科学出版社。
- (17) Stanley, S. M., 1970, *Geol. Soc. Amer. Mem.*, 125.
- (18) 王义刚、何国雄, 1976, 珠穆朗玛峰地区科学考察报告, 古生物(3), 科学出版社。
- (19) 陈金华, 1982, *地质科学*, 1982 (4)。
- (20) 王义刚, *古生物学报*, 1983, 22 (2)。

ON THE GEOLOGICAL AGES OF *BURMESIA* BEDS AND THE  
BOUNDARY BETWEEN CARNIAN AND NORIAN IN  
HENGDUAN MOUNTAINS AND ITS  
ADJACENT REGIONS

Chen Jinhua

Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica

Abstract

The endemic bivalve genus *Burmesia* has widespread distributions in late Triassic formations of Tethyan western China. It also has important significances in stratigraphical correlations in this district. Its geological range was generally considered to be limited to Norian by earlier researchers. However, three species groups of this genus, the Concentric Group, the Oblique Group and the Radial Group, may be distinguished based on the anterior ornamentations of shell, and recent discoveries indicate that the range of the Concentric Group is Carnian while the Oblique and Radial groups are Early Norian. According to the ecological characteristics, the specific evolutionary trends of *Burmesia* may be visualized. The classification of Upper Triassic bivalve assemblages in platforms and four in turbidites of Hengduan Mountains and its adjacent regions has recently been proposed. In addition, the author puts forward a new envisagement for the boundary between Carnian and Norian of these regions.

## 5. 四川理塘地区拉纳山组植物化石<sup>①</sup>

陈 晔 陈明洪 孔昭宸

(中国科学院植物研究所)

理塘地区三叠系地层分布较广,而且上三叠统尤为发育,主要为海陆交互相沉积。1979年四川省地质局区域地质调查队三分队巴光进等同志在该地区进行地质调查时,在毛垭区帽合山与海子山之间的扎龙嘎西测过一条剖面,将该剖面自下而上划分为图姆沟组和拉纳山组。1982年,中国科学院青藏高原综合科学考察队古植物专业组同志对横断山进行考察时,得到四川省地质局区域地质调查队的大力支持,特别是在巴光进、唐志荣等同志的配合下,在扎龙嘎西剖面上系统地进行了植物化石的采集,并作了初步研究。

图姆沟组由灰黑色薄层板岩与灰色中厚层状粉砂岩、细粒石英岩组成韵律式不等厚互层夹岩屑砂岩及钙质砂岩,未见底,含大量以*Halobia*为主的瓣鳃化石。厚>1477米。

拉纳山组由灰黑色含炭质薄层板岩与灰色薄—中厚层状粉砂岩组成,产丰富的植物化石,未见顶,厚>196米。

### 一、植物群组合特征及其地质时代

#### 蕨类植物门 Pteridophyta

##### 楔叶纲 Sphenopsida

##### 木贼目 Equisetales

##### 后芦木科 Apocalamitaceae

##### 新芦木属 *Neocalamites* Halle

##### 窄叶新芦木 *Neocalamites carrerei* (Zeiller) Halle

#### 真蕨纲 Filicopsida

##### 莲座蕨目 Marattiales

##### 星囊蕨科 *Asterothecaceae*

##### 星囊蕨属 *Asterotheca* Presl

##### 舌羽星囊蕨(比较种) *Asterotheca* cf. *cottonii* Zeill.

##### 合囊蕨科 Marattiaceae

##### 合囊蕨属 *Marattia* Swartz

##### 亚洲合囊蕨 *Marattia asiatica* (Kaw.) Harris

##### 短囊合囊蕨 *M. münsteri* (Goepp.) Schimper

##### 紫萁目 Osmundales

##### 紫萁科 Osmundaceae

##### 拟托蕨属 *Todites* Sew. emended Harris

<sup>①</sup> 本文是在徐仁教授指导下完成的,化石照片由本所照相室同志协助拍摄,康鲁宁同志在野外考察中付出了艰苦的劳动,在此一并致谢



陕西拟托蕨 *Todites shensiensis* (P'an) Sze

重齿拟托蕨 (比较种) *Todites cf. denticulatus* (Brongn.) Krasser

## 真蕨目 Filicales

### 里白科 Gleicheniaceae

似里白属 *Gleichenites* Seward

一平浪似里白 *Gleichenites yipinglangensis* Li et Tsao

### 双扇蕨科 Dipteridaceae

格脉蕨属 *Clathropteris* Brongn.

新月型格脉蕨 *Clathropteris meniscioides* Brongn.

阔叶格脉蕨 *Clathropteris platyphylla* (Goepp.) Nathorst

蒙古盖格脉蕨 *C. mongugaica* Srebrodolskaya

网脉蕨属 *Dictyophyllum* Lindley et Hutton

短镰网脉蕨 *Dictyophyllum nathorsti* Zeiller

## 目科不明的真蕨植物 Filicopsida Incertae Sedis

枝脉蕨属 *Cladophlebis* Brongn.

膜叶枝脉蕨 *Cladophlebis scoriosa* Harris

纤细枝脉蕨 *Cladophlebis gracilis* Sze

双歧枝脉蕨 *Cladophlebis raciborskii* Zeiller

枝脉蕨 (未定种<sub>1</sub>) *Cladophlebis* sp. 1

枝脉蕨 (未定种<sub>2</sub>) *Cladophlebis* sp. 2

吕蕨属 *Lüreticopteris* Hsü et Chu

大叶占蕨 *Lüreticopteris megaphylla* Hsü et Chu

## 裸子植物门 Gymnospermatophyta

### 种子蕨纲 Pteridospermopsida

#### 种子蕨目 Cycadofilicales

奇脉羊齿属 *Hyracopteris* Kryštofovich et Prynada

谢万奇脉羊齿 *Hyracopteris sevanensis* Kryštofovich et Prynada

### 苏铁纲 Cycadopsida

#### 苏铁目 Cycadales

##### 蕉羽苏铁科 Nilssoniaceae

篦羽叶属 *Ctenis* L. et H.

理塘篦羽叶 (新种) *Ctenis litangensis* Chen sp. nov.

#### 本内苏铁目 Bennettitales

##### 威廉逊苏铁科 Williamsoniaceae

侧羽叶属 *Pterophyllum* Brongn.

阿斯塔特侧羽叶 *Pterophyllum astartense* Harris

羽毛侧羽叶 *Pterophyllum ptilum* Harris

欣克侧羽叶 *Pterophyllum schenkii* Zeiller

中国侧羽叶 *Pterophyllum sinense* P. Lee

侧羽叶 (未定种) *Pterophyllum* sp.

异羽叶属 *Anomozamites* Schimper  
     较小异羽叶 *Anomozamites minor* (Brongn.) Nath.  
     异羽叶 (未定种) *Anomozamites* sp.  
 科目不明的苏铁类植物 *Cycadopsida Incertae Sedis*  
     镰羽叶属 *Drepanozamites* Harris  
         尼尔桑镰羽叶 *Drepanozamites nilssoni* (Nath.) Harris  
 银杏纲 *Ginkgopsida*  
     银杏目 *Ginkgoales*  
         银杏科 *Ginkgoaceae*  
             舌叶属 *Glossophyllum* Kräusel  
                 陕西舌叶 *Glossophyllum shensiense* Sze  
             裂银杏属 *Baiera* Braun  
                 裂银杏 (未定种<sub>1</sub>) *Baiera* sp. 1  
                 裂银杏 (未定种<sub>2</sub>) *Baiera* sp. 2  
 松柏纲 *Coniferopsida* (= *Coniferae*)  
     松柏目 *Coniferales*  
         扇苞科 *Cycadocarpidaceae*  
             苏铁杉属 *Podozamites* Braun  
                 披针苏铁杉 *Podozamites lanceolatus* (L. et H.) Braun  
         松科 *Pinaceae*  
             松型叶属 *pityophyllum* Nathorst  
                 长叶松型叶 *Pityophyllum longifolium* (Nathorst) Moeller  
             松型球果属 *Pityostrobus* (Nathorst) Dutt  
                 盐边松型球果 *Pityostrobus yanbianensis* Chen et Duan  
 分类位置不明的植物 *Incertae Sedis*  
     带羊齿属 *Taeniopteris* Brongniart  
         西南带羊齿 *Taeniopteris richthofenii* (Schenk) Sze  
         带羊齿 (未定种<sub>1</sub>) *Taeniopteris* sp. 1  
         带羊齿 (未定种<sub>2</sub>) *Taeniopteris* sp. 2  
         带羊齿 (未定种<sub>3</sub>) *Taeniopteris* sp. 3  
         带羊齿 (未定种<sub>4</sub>) *Taeniopteris* sp. 4

上列植物共有20属38种, 是我国南方中生代含煤地层中常见的属种, 从植物群的组合面貌来看, 有下列特点:

1. 真蕨植物占优势, 共有8属16种, 占全体植物的42.1%, 其中双扇蕨科植物2属4种, 合囊蕨科与紫萁科植物各有1属2种, 里白科和星囊蕨科各有1属1种, 其它真蕨2属6种。双扇蕨科植物现存的种类不多, 仅1属8种, 分布于喜马拉雅、华南及台湾经由马来亚而至新喀利多尼亚, 裴济群岛及萨摩亚群岛等热带地区, 而多为热带林中典型的附生蕨类植物; 少数生于温带地区, 中国现有两种, 主要分布于西藏、云南、贵州、广西及台湾

等地区。在理塘帽合山拉纳山组植物群中,双扇蕨科植物有2属4种,在植物群中占相当的比例,而且化石的数量相当多,说明当时生长茂盛,是林下植物的优势属种,*Clathropteris meniscioides*是世界上广泛分布的种,亦是我国南方晚三叠世植物群中常见的代表分子,*C. monguiaica*最初出现于苏联蒙古盖植物群,后来相继在我国云南一平浪,四川须家河组及筇竹河等晚三叠世中晚期植物群中发现,今又出现于理塘拉纳山组,*C. Platyphylla*亦是晚三叠世的一个广布种,在我国南方各省以及越南晚三叠世煤系地层中常有出现,无疑,它们不仅对地层时代的确定具有一定的意义,而且在指示当时的气候更有价值。合囊蕨属植物现存有60—70种,是泛热带分布的属,远达南非洲及新西兰,而该属的化石植物则在晚三叠世已广泛分布,在理塘拉纳山组出现*Marattia asiatica*, *M. münsteri*两种,前者曾出现于越南、日本、朝鲜晚三叠世植物群中,后来在云南一平浪、宁蒗四川筇竹河等晚三叠世中晚期植物群中相继出现,近来在我国湖南、湖北沙镇溪和伊朗早侏罗世地层中亦有发现,后者曾出现于日本、朝鲜、瑞典、法国及我国南方各地晚三叠世植物群中。从在地层中分布情况来看,这两种合囊蕨尽管可以在侏罗纪地层中出现,但可以肯定它们在晚三叠世时是处于繁盛时期。仍应属于晚三叠世的重要成分,也是一群喜热植物。紫萁科的*Todites shensiensis*最初发现于陕西,是北方延长植物群中的重要分子,后来在我国南方不少地区的晚三叠世植物群中出现,是一个南北方分布较广而又具有时代意义的种,此外,真蕨中还有一些分类位置不明的植物如*Cladophlebis*及*Lüreticopteris*也相当丰富,并与上述植物共生,可见它们都是一些喜热植物。

2. 苏铁类植物在植物群中占有重要位置,有4属9种,加上可能属于苏铁类的*Taeniopteris* 5种,计占总体的36.8%,这一组植物也是比较喜热类群,现今的苏铁类植物主要分布于东西两半球的热带和亚热带地区,近来在我国四川渡口一带发现较大面积的原始苏铁林,而在晚三叠世时,渡口宝鼎和盐边红坨地区大养地组植物群中,苏铁类植物种属繁多,占全体植物的50%,古今之间有何联系是值得进一步研究探讨的,在理塘拉纳山组植物群中,属于苏铁目的*Ctenis Litangensis*是一个新种,叶巨大,叶脉很稀,分叉较少,支脉互相结成极稀疏的网脉等特征,与已知的老种不同。属于本内苏铁目的侧羽叶属有5种,异羽叶属有2种,还有一种属于分类位置不明的苏铁植物。*Pterophyllum astartense*最初出现于东格陵兰*Lepidopteris*带,后来在我国福建漳平文宾山组出现,在宝鼎大养地组上部出现过类似分子,现又在理塘植物群中出现。*Pterophyllum sinense*是我国晚三叠世植物群中的特有种,开始出现于须家河组,尔后相继在云南一平浪、祥云,福建漳平,西藏的昌都,四川乡城新龙等地,晚三叠世中晚期地层中出现,现又在理塘拉纳山组出现,可见它也是我国南方晚三叠世植物群中分布较广的重要分子之一,*Pterophyllum schenkii*是越南鸿基植物群中的代表分子,曾在东格陵兰植物群*Lepidopteris*带和日本成羽植物群中出现,亦是我国南方晚三叠世植物群中常见的种。*Drepanozamites nilssoni*在东格陵兰和瑞典均出现于*Lepidopteris*带,在中国福建大坑组,云南一平浪,宁蒗,四川盆地须家河组,盐边筇竹河,贵州等晚三叠世植物群中广泛分布,湘赣地区亦出现类似分子,此种植物的分类位置虽尚未研究清楚,但以其分布来看具有指示地层时代的意义。

3. 银杏和松柏类植物较少,银杏和松柏类植物各有3种,均占植物总体的7.8%,*Glossophyllum shensiense*在陕北延长层中相当丰富,是组成延长植物群的重要分子之一,后来在我国南方晚三叠世植物群中常有出现,可见它是我国南北方晚三叠世植物群中广泛分布的种。*Podozamites lanceolatus*是北半球晚三叠世至早白垩世广泛分布的种,在我国晚三

表1 四川理塘地区拉纳山组植物群与其他植物群比较

| 植物化石名单                              | 层位或植物群 | 地区     |        | 四      |        |        |       | 川      |     | 云                     |      | 西藏  | 湖北   | 湘   | 赣    | 福建   | 广东  | 华北    | 越南    | 日本                       | 东格陵兰                     |   |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-----|-----------------------|------|-----|------|-----|------|------|-----|-------|-------|--------------------------|--------------------------|---|
|                                     |        | 理塘拉纳山组 | 盐边河植物群 | 川西须家河组 | 广元须家河组 | 川东须家河组 | 宁蒗植物群 | 一平浪植物群 | 祥云组 | 藏东地区(T <sub>3</sub> ) | 沙镇溪组 | 安源组 | 三丘田组 | 大坑组 | 文宾山组 | 小平坪组 | 延长组 | 鸿基植物群 | 成羽植物群 | 鳞羊齿带 (Lepidopteris zone) | 异叶蕨带 (Thaunopteris zone) |   |
| <i>Neocalamites carrerei</i>        |        | +      | +      | +      | +      | +      | +     | +      |     |                       | +    | +   | +    | +   | +    | +    | +   | +     | +     | +                        | +                        | + |
| <i>Asterotheca cottonii</i>         |        | cf.    | cf.    |        |        |        |       |        |     | +                     |      |     |      |     |      | +    |     |       | +     |                          |                          |   |
| <i>Marattia asiatica</i>            |        | +      | +      | +      |        |        |       |        |     | +                     |      |     | +    |     |      |      |     |       | +     |                          |                          |   |
| <i>M. münsteri</i>                  |        | +      | +      | +      |        |        |       |        |     | +                     |      |     | +    |     |      |      |     | +     | +     |                          |                          |   |
| <i>Todites shensiensis</i>          |        | +      | +      | +      |        | +      |       | +      |     | +                     |      | +   | +    |     |      |      |     | +     |       |                          |                          |   |
| <i>T. denticulatus</i>              |        | cf.    | +      | +      | +      |        | +     |        |     | +                     |      | +   | +    | +   |      |      |     |       | +     |                          |                          |   |
| <i>Gleichenites yipinglangensis</i> |        | +      |        |        |        |        |       |        |     | +                     |      |     |      |     |      |      |     |       |       | +                        |                          |   |
| <i>Clathropteris meniscioides</i>   |        | +      |        |        |        | +      |       |        |     | +                     |      | +   | +    | +   |      |      |     |       |       | +                        |                          | + |
| <i>C. platyphylla</i>               |        | +      | +      |        |        |        | +     |        |     | +                     |      | +   | +    | +   |      |      |     |       |       |                          |                          |   |
| <i>C. monguica</i>                  |        | +      | +      |        |        |        |       |        |     | +                     |      | +   | +    | +   |      |      | cf. |       | +     | +                        |                          |   |
| <i>Dictyophyllum nathorstii</i>     |        | +      | +      | +      | +      | +      | +     | +      | +   | +                     | +    | +   | +    | +   | +    | +    |     |       |       |                          |                          |   |
| <i>Cldophlebis scoriosa</i>         |        | +      |        |        |        |        |       |        |     |                       |      |     |      |     |      |      |     |       |       | +                        |                          |   |
| <i>C. gracilis</i>                  |        | +      |        |        |        |        |       |        |     |                       |      |     |      |     |      |      |     | +     |       |                          |                          |   |
| <i>C. raciborskii</i>               |        | +      |        |        |        |        |       |        | +   |                       | cf.  |     | +    |     |      |      |     | +     |       | +                        |                          |   |
| <i>Lüreticopteris megaphylla</i>    |        | +      |        |        |        |        |       |        |     |                       |      |     |      |     |      |      |     |       |       |                          |                          |   |

(续表)

| 植物化石名                            | 层位或植物群 | 地区     |         | 四      |        |        | 川     |        |     | 云                   |      |     | 南    | 西藏  | 湖北   | 湘   | 赣   | 福建    | 广东    | 华北                       | 越南                         | 日本 | 东格陵兰                     |                            |
|----------------------------------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|--------|-----|---------------------|------|-----|------|-----|------|-----|-----|-------|-------|--------------------------|----------------------------|----|--------------------------|----------------------------|
|                                  |        | 理塘拉纳山组 | 盐边等河植物群 | 川西须家河组 | 广元须家河组 | 川东须家河组 | 宁蒗植物群 | 一平浪植物群 | 祥云组 | 藏东地区 T <sub>3</sub> | 沙镇溪组 | 安源组 | 三丘田组 | 大坑组 | 文宾山组 | 小平组 | 延长组 | 鸿基植物群 | 成羽植物群 | 鳞羊齿带 (Lepidopteris zone) | 异叶蕨带 (Thaumatopteris zone) |    |                          |                            |
| <i>Hyracopteris sevanensis</i>   |        | +      |         |        |        |        |       | +      |     | +                   |      |     |      |     |      |     |     |       |       |                          |                            |    | 鳞羊齿带 (Lepidopteris zone) | 异叶蕨带 (Thaumatopteris zone) |
| <i>Ctenis litangensis</i>        |        | +      |         |        |        |        |       |        |     |                     |      |     |      |     |      |     |     |       |       |                          |                            |    |                          |                            |
| <i>Pterophyllum astartense</i>   |        | +      |         |        |        |        |       |        | +   |                     |      |     | +    |     |      |     |     |       |       |                          |                            |    | +                        |                            |
| <i>P. ptilum</i>                 |        | +      | +       | +      |        | +      |       | +      |     |                     |      |     | +    | +   |      |     |     |       |       |                          |                            | +  | +                        |                            |
| <i>P. schenki</i>                |        | +      |         |        |        |        |       |        |     |                     |      | +   |      |     |      |     |     |       |       |                          |                            | +  | +                        |                            |
| <i>P. sinense</i>                |        | +      |         |        | +      |        |       | +      |     |                     |      | +   |      | +   |      |     |     |       |       |                          |                            |    | +                        |                            |
| <i>Drepanozamites nilssoni</i>   |        | +      | +       | +      | +      | +      | +     | +      |     |                     | cf.  |     |      |     | cf.  |     |     |       |       |                          |                            |    | +                        |                            |
| <i>Anomozamites minor</i>        |        | +      | cf.     |        |        |        |       | cf.    |     |                     |      |     |      | +   | cf.  | +   |     |       | +     |                          |                            |    | +                        |                            |
| <i>Glossophyllum shensiense</i>  |        | +      | +       |        |        | +      | +     |        |     |                     |      |     |      |     |      |     |     |       |       | +                        |                            |    |                          |                            |
| <i>Podozamites lanceolatus</i>   |        | +      | +       | +      | +      | +      | +     | +      | +   | +                   | +    | +   | +    | +   | +    | +   | +   | +     | +     | +                        | +                          | +  | +                        |                            |
| <i>Pityophyllum longifolium</i>  |        | +      | +       | +      | +      | +      | +     |        | cf. |                     |      |     |      |     |      |     |     |       |       |                          |                            | +  |                          |                            |
| <i>Pityostrobus yanjianensis</i> |        | +      | +       |        |        |        |       |        |     |                     |      |     |      |     |      |     |     |       |       |                          |                            |    |                          |                            |
| <i>Taeniopteris richthofenii</i> |        | +      | +       |        |        |        |       |        |     |                     |      |     |      |     |      |     |     |       |       |                          |                            |    |                          |                            |

叠世植物群中分布特别广，但值得注意的是在宝鼎地区和盐边红坭地区大养地组植物群中极为罕见。而进入大筲组（相当于须家河组），该种植物便大量出现，在盐边筲河植物群中不仅数量多，而且种类也相当丰富（计有5种之多），对植物群的性质和地质时代的划分对比起着十分重要的作用。理塘拉纳山组植物群中苏铁杉虽只有一种，但数量多，变异大，有的叶子较宽，有的较窄，从叶脉形态来看笔者认为它们同属于一种即 *P. lanceolatus*。由于它们的大量存在，使得植物群的面貌与大养地组植物群有明显的区别。

4. 种子蕨类植物在本植物群中只有1种，(*Hyrcanopteris sevanensis*)但化石的数量相当多，是植物群中的重要分子，它首次发现于苏联谢万湖附近的晚三叠世地层中，近几年来，在我国南方晚三叠地层中陆续有所发现，该种的细脉常保存不好，很易与 *Taeniopteris* 中某些种相混。

5. 有节类植物在本植物群中少见，仅有窄叶新芦木一种，而且标本数量亦少。

综上所述，理塘拉纳山组植物群的属种虽然较少，除未定种外，在28种中，既缺乏大养地组的代表分子，也未见侏罗纪的典型分子，而与筲河晚三叠世植物群同种的有17种，与四川盆地须家河组植物群同种的有13种，与云南一平浪植物群同种的有19种，与藏东地区晚三叠世植物群同种的有14种，与湘赣地区晚三叠世植物群同种的有12种，与福建地区晚三叠世植物群同种的有17种，与日本成羽植物群同种的有9种，与越南鸿基植物群同种的有6种，与东格陵兰植物群同种的有9种（见表1）。可见，理塘拉纳山组植物群与上述有关植物群的关系非常密切，组合面貌基本相同，应同属于徐仁教授所指出的中国南方中生代第二期植物带，即新种子蕨植物带，其地质时代应为晚三叠世考依卜中—晚期，相当于海相的诺利晚期——瑞替期。由于双扇蕨科，紫萁科与合囊蕨科植物的大量存在，苏铁类植物亦比较丰富，指示当时的气候属于热带—亚热带的炎热而潮湿的海洋性气候，但松柏类、银杏类植物属种虽然较少，其数量相当多；植物个体普遍较四川盆地同时期植物群中同类型的植物体为小，而且种属明显减少，因而可以推测当时理塘地区虽属热带—亚热带气候，但实际上气温较四川盆地略低，雨量减少，已不利于植物生长，有些类群对环境不能适应，某些属种大量减少，致使该区缺乏成煤的物质基础，大面积的含煤岩系，只能形成煤线而无经济价值。

## 二、属种描述

新芦木属 *Neocalamites* Halle

窄叶新芦木 *Neocalamites carrerei* (Zeiller) Halle

(图版4, 图1)

1902—03 *Schizoneura carrerei* Zeiller, 第137页, 图版36—38.

1908, *Neocalanites carrerei* (Zeiller) Halle, 第6页.

1979, *Neocalamites carrerei* (Zeiller) Halle, 徐仁等, 第12页, 图版1, 图1—4.

标本代表本种的随模，保存不佳，长仅8厘米，节宽2厘米，节间长4厘米以上；节间有交互排列的纵脊与纵沟，每厘米约有纵脊、纵沟各20条，脊上具不甚明显的叶迹。

当前的标本保存不好，很难作详细的研究，就其外表形态来看，与泽耶 (Zeiller, 1903) 所描述的越南某些标本基本上一致，暂归于本种。

标本号：7978。

星囊蕨属 *Asterotheca* Presl

舌羽星囊蕨 (比较种) *Asterotheca cf. cottoni* Zeiller

(图版 3, 图 3)

至少 2 次羽状复叶, 标本长仅 8 厘米, 末次羽片线形至披针形, 互生至亚对生, 长约 3.5 厘米, 宽 1 厘米, 小羽片长舌形, 长 0.5—1 厘米, 宽 0.2—0.3 厘米, 前端钝—渐尖, 中脉可见, 侧脉不甚清楚, 局部小羽片可见侧脉以锐角从中脉分出, 尔后弯向边缘, 多数分叉一次, 未见生殖羽片。

标本保存不完整, 叶脉形态亦不甚清晰, 但叶的基本形态仍可与 *A. cottoni* 比较。

标本号: 8008

合囊蕨属 *Marattia* Swartz

亚洲合囊蕨 *Marattia asiatica* (Kaw.) Harris

(图版 3, 图 1—1a)

1925, *Marattiopsis münsteri* (Goeppert), Kawasaki 第 26 页, 图版 16, 图 53; 图版 36, 图 101; 图版 37, 图 102。

1939, *Marattiopsis asiatica* Kawasaki, 第 5 页。

1961, *Marattia asiatica* (Kaw.) Harris, 第 73, 75 页。

本种叶脉比较紧密, 每厘米有 15—18 条, 孢子囊为聚合囊, 线形, 长约 0.25—0.7 厘米, 理塘标本完全符合于该种的主要特征。

本种广泛分布于日本、朝鲜、越南和我国南方晚三叠世中晚期地层中, 近年来亦在我国湖南和伊朗等地区早侏罗世植物群中出现。

标本号: 7980

短囊合囊蕨 *Marattia münsteri* (Goepp.) Schimper

(图版 3, 图 2)

该种植物叶脉较疏, 每厘米有侧脉约 10 条, 聚合囊长 0.2—0.4 厘米, 理塘的标本保存较好, 数量较多, 其特征与本种相同。

标本号: 7954。

拟托蕨属 *Todites* Sew.

重齿拟托蕨 (比较种) *Todites cf. denticulatus* Brongn.

(图版 4, 图 2)

该种至少 2 次以上羽状复叶, 标本仅保存了两枚并列的末次羽片, 长约 6.5 厘米, 小羽片长镰形, 边缘具重齿, 叶脉为一次分叉。

当前标本保存不佳, 但基本形态接近于 *T. denticulatus*, 两者可以比较。

标本号: 7972

似里白属 *Gleichenites* Seward

一平浪似里白 *Gleichenites yipinglangensis* Li et Tsao

(图版 3, 图 5—5a)

1976, *Gleichenites yipinglangensis* Li et Tsao, 第104页, 图版15, 图3—7; 图版16, 图17; 图版18, 图1—6a。

理塘的标本仅保存了生殖羽片, 生殖小羽片的形态特征与云南一平浪组的 *G. yipinglangensis* 一致。偏羽星囊蕨 *Asterotheca latepinata* (Leuth) Hsü 的主要特征是: 通常由4—6个孢子囊形成聚合囊, 而 *G. yipinglangensis* 孢子囊群通常由5—6个孢子囊组成, 不形成聚合囊。当两者孢子囊群结构不十分清晰时, 很易相混。

标本号: 7976。

格脉蕨属 *Clathropteris* Brongn.

阔叶格脉蕨 *Clathropteris platyphylla* (Goepp.)

(图版5, 图1)

1841—46, *Camptopteris platyphylla* Goeppert 第120页, 图版18—19, 图1—3。

1878, *Clathropteris platyphylla*, Nathorst, 第15页, 48页, 图版2, 图4; 图版6, 图2。

1976, *Clathropteris platyphylla* (Goepp.) 李佩娟等, 第110页, 图版19, 图1—3; 图版20, 图1—3; 图版21, 图1; 图版22, 图3。

叶合轴式两歧分叉, 分叉轴未保存, 羽片长椭圆形, 标本保存的长度仅7—8.5厘米, 宽约3.5厘米, 羽片基部互相联合, 叶缘具齿, 叶脉偏细, 第一次脉粗不足0.1厘米, 第二次脉以60—70度角伸出, 第三次脉与第二次脉成宽角, 互相连结成不很规则的长方形网格, 第四次脉较细, 分叉后互相连结成不很清晰的多角形网脉, 网格内具内藏小脉, 孢子囊结构不明。

理塘标本叶子偏小, 可能代表未成熟的幼叶, 而且仅保存了叶子的基部, 具齿, 但不明显。其网格为不规则的长方形网格, 叶脉形态与 *C. platyphylla* 一致。

标本号: 7951

蒙古盖格脉蕨 *Clathropteris mongugaica* Srebrodolskaya

(图版4, 图4—4a)

标本仅保存一块碎片, 叶脉形态与 *C. mongugaica* 一致。

标本号: 7986

网脉蕨属 *Dictyophyllum* Lindley et Hutton

短镰网脉蕨 *Dictyophyllum nathorsti* Zeiller

(图版5, 图2)

1903, *Dictyophyllum nathorsti* Zeiller, 第109页, 图版26, 图2—3; 图版28, 图3a—c。

1979, *Dictyophyllum nathorsti* Zeiller, 徐仁等, 第25页, 图版26, 图7; 图版27, 图8; 图版29—31; 图版32, 图1。

理塘标本的小羽片及叶脉形态与 *D. nathorsti* 相同。

标本号: 8005



枝脉蕨属 *Cladophlebis* Brongn.

膜叶枝脉蕨 *Cladophlebis scoriosa* Harris

(图版 5, 图 3—3a)

1931, *Cladophlebis scoriosa* Harris, 第 52 页, 图版 11, 图 5。

1979, *Cladophlebis scoriosa* Harris, 徐仁等, 第 33 页, 图版 16, 图 1—6。

至少 2 次羽状复叶, 质薄。末次羽片线形, 长可达 14 厘米, 宽可达 5 厘米, 小羽片镰形, 长 1.5—3 厘米, 宽 0.3—0.5 厘米, 全缘, 顶端尖, 与末级羽轴成  $60^{\circ}$ — $80^{\circ}$  角, 中脉明显, 达小羽片顶端, 侧脉下先出, 与中脉成  $50^{\circ}$ — $60^{\circ}$  角, 常分叉 1 次。

当前标本仅保存了一枚末次羽片, 长仅 7 厘米, 且顶端亦未保存, 但小羽片的形态以及脉序等与东格陵兰晚三叠世 *Lepidopteris* 带的 *C. scoriosa* 相同, 应同属于一种。

标本号: 7963。

枝脉蕨 (未定种<sub>1</sub>) *Cladophlebis* sp. 1

(图版 6, 图 4)

该种至少 2 次羽状复叶, 末二级的轴较粗, 宽达 0.4 厘米, 表面具细纵沟, 末次羽片线形, 长可达 8.5 厘米, 末级羽轴较细, 宽约 0.1 厘米, 与末二级羽轴成  $60^{\circ}$ — $90^{\circ}$  角, 小羽片形态变化较大, 短舌形至长镰形, 中脉可见, 侧脉均不清晰, 因而作为未定种处理。

标本号: 7950。

枝脉蕨 (未定种<sub>2</sub>) *Cladophlebis* sp. 2

(图版 6, 图 5)

至少 2 次羽状复叶, 末次羽片线形, 长 2.5—3 厘米, 宽 0.4—0.5 厘米, 小羽片极小, 枝脉蕨型, 叶脉不清晰。

标本号: 7970。

篦羽叶属 *Ctenis* L. et H.

理塘篦羽叶 (新种) *Ctenis litangensis* Chen sp. nov.

(图版 7, 图 3—4; 图版 10, 图 6)

羽状复叶, 较大, 长估计可达 40 厘米以上, 宽可达 20 厘米。图版 7, 图 3 代表叶之顶端部分, 图版 4 代表叶的中上部; 图版 10, 图 6 代表羽叶的中下部。羽轴较粗, 羽叶下部宽达 1 厘米, 轴面具纵纹, 羽片长舌形, 全缘, 顶部小羽片长约 7 厘米, 顶端可能钝尖 (图版 7, 图 3), 中部与基部羽片长度不明, 估计可达 10 厘米, 宽 2—4 厘米, 基部略收缩, 下行侧边基部沿羽轴拖延然后向前直伸, 叶脉稀疏, 在羽片中部每厘米有脉 5—6 条。基部叶脉在羽片拖延部分分别向上下略拖延, 其它部分叶脉彼此近于平行, 较少分叉, 支脉互相连结成极为稀疏的网脉, 网格长 1.5—3 厘米, 宽 0.15—0.2 厘米。

本种羽叶较大, 羽片较宽, 叶脉稀疏等征状与 Florin 描述的 *C. laxa* (Florin 1933, 第 37—76 页, 图版 11, 图 8; 图版 12, 图 1—3) 比较接近, 而后者叶脉虽然稀疏, 但网眼相当稠密, 网格较短。同日本的 *C. japonica* (ôishi, 1932, 第 343 页, 图版 47, 图 5—7; 图版 48; 图版 49, 图 1) 亦可比较, 但后者叶质较薄, 羽片长而窄, 相邻羽片之间的间距较大, 基部不收缩, 有时向羽轴上下拖延, 与理塘篦羽叶有明显区别。

标本号: 7948, 7947, 7946,

侧羽叶属 *Pterophyllum* Brongn.

阿斯塔特侧羽叶 *Pterophyllum astartense* Harris

(图版 8, 图 1—2)

1932, *Pterophyllum astartense* Harris, 第44—47页, 图版 4, 图10; 插图19—20。

羽状复叶, 长15—20厘米, 标本长7—10厘米, 宽5—6厘米, 羽轴宽约0.2—0.5厘米, 羽片对生至亚对生, 两侧边近于平行, 基部略扩张, 顶端渐尖至纯圆, 羽片中部宽0.3—0.6厘米, 长约4—5厘米, 叶脉细而清晰, 羽片基部每厘米有脉10条左右, 接近中部和顶部每厘米有脉30—40条。

理塘标本保存尚好, 图版 8, 图 1 代表羽叶之中上部, 图 2 代表羽叶中下部, 羽叶与脉序等特征与东格陵兰的 *P. astartense* 一致, 应为同种。

该种与 *P. jaegeri*, *P. longifolium* 比较类似, 但 *P. jaegeri* 的羽片细长, 每个羽片中叶脉较少; *P. longifolium* 羽片较长, 叶脉稀疏。本种与 *P. pinnatifidum* 也可比较, 但后者两羽片之间基部相连形成 0.1—0.2 厘米宽的蹼 (web), 容易区别。

标本号: 7990, 7998.

侧羽叶 (未定种) *Pterophyllum* sp.

(图版 8, 图 5)

标本为羽叶的中上部, 长 4 厘米, 宽约 2.5 厘米, 羽轴粗约 0.1 厘米, 具横纹, 羽片长度不明, 宽 0.2—0.4 厘米, 叶脉清晰, 每个羽片含叶脉约 7—8 条。

标本号: 7975.

异羽叶属 *Anomozamites* Schimper

较小异羽叶属 *Anomozamites minor* (Brongn.) Nathorst

(图版 8, 图 6)

一次羽状复叶, 线形至披针形, 羽轴较细, 小羽片长方形至四方形, 长 0.6—1.2 厘米, 宽 1.1—1.2 厘米, 顶端纯圆至截形, 叶脉细密, 不分叉或分叉一次。

本种曾出现于瑞典, 德国及东格陵兰等地晚三叠世, 并视为该时期的标准化石, 在我国南方晚三叠世地层中亦广泛分布。

标本号: 8000.

异羽叶 (未定种) *Anomozamites* sp.

(图版 10, 图 7)

标本很小, 叶长仅 2 厘米, 中部宽 0.5 厘米, 为一次奇数羽状复叶, 羽片长方形, 长 0.25 厘米, 宽不足 0.2 厘米, 叶脉细密。

该种可能为异羽叶中的一个幼叶, 暂不定种。

标本号: 7958.

裂银杏属 *Baiera* Braun

裂银杏 (未定种) *Baiera* sp. 1

(图版 8, 图 7)

叶扇形，具柄，细长，叶片先深裂为左右大致对称的两部分，每一部分再分裂4—5次，形成较多的最后细裂片，叶脉两歧分叉，每一裂片中隐约可见叶脉1至3条。

由于标本保存不全，暂不定种名。

标本号：7008。

裂银杏（未定种<sub>2</sub>）*Baiera* sp. 2

（图版9，图2）

叶扇形，具柄，质薄，表面具皱纹，叶片先深裂成两个左右略相等的部分，然后继续分裂，叶脉稀疏，两歧式分叉，最后小裂片形态不明，暂归*Baiera* 属作未定种处理。

标本号：8004。

带羊齿属 *Taeniopteris* Brongn.

西南带羊齿 *Taeniopteris richthofenii* (Schenk) Sze

（图版10，图1）

单叶，线形，叶质较薄，全缘，宽约1.5厘米，全长不明，中脉粗约0.1厘米，具横纹，侧脉细密，先以锐角由中脉伸出，然后向外弯曲，并与中脉以垂直方向直趋叶缘，多在近中脉处分叉一次，少数在叶缘再分叉一次，每厘米有脉30—32条。

标本号：7996。

带羊齿（未定种<sub>1</sub>）*Taeniopteris* sp. 1

（图版10，图2）

标本代表叶的片断，中脉宽0.2—0.3厘米，具纵纹，侧脉细密，分叉较少，每厘米有脉约30—35条。

标本号：7995。

带羊齿（未定种<sub>2</sub>）*Taeniopteris* sp. 2

（图版10，图3）

单叶，较小，标本长2.5—3厘米，宽约0.6厘米，线形，全缘，基部可能较圆，中脉细，侧脉不清晰。

标本号：7976。

带羊齿（未定种<sub>3</sub>）*Taeniopteris* sp. 3

（图版10，图4）

标本代表叶之片断，叶质较薄，具不规则皱纹，中脉明显，宽约0.2厘米，具纵纹，侧脉通常分叉一次，每厘米有脉20—25条。

标本号：7993。

带羊齿（未定种<sub>4</sub>）*Taeniopteris* sp. 4

（图版10，图5）

标本为单叶之片断，叶质较薄，具不规则皱纹，中脉粗约0.15厘米，具横纹，侧脉稀疏，每厘米约15—20条。

本种与 *T. sp. 3* 比较接近, 但后者中脉具纵纹, 叶脉较密。

标本号: 7992.

### 参 考 文 献

- (1) 吴向午, 1982, 西藏东部晚三叠世植物, 中国科学院青藏高原综合科学考察队青藏高原科学考察丛书, 西藏古生物(第五分册), 科学出版社, 63—109。
- (2) 吴舜卿、叶美娜、厉宝贤, 1980, 鄂西香溪群——晚三叠世及早、中侏罗世植物化石, 中国科学院南京地质古生物研究所集刊, 第14号。科学出版社。
- (3) 李佩娟, 1964, 四川广元须家河组植物化石, 中国科学院地质古生物研究所集刊, 第三号。科学出版社。
- (4) 李佩娟、曹正尧、吴舜卿, 1976, 云南中生代化石, 上册。云南中生代植物。科学出版社。
- (5) 周统顺, 1978, 福建中生代含煤地层及其植物化石。地层古生物论文集, 第四辑, 地质出版社。
- (6) 陈晔、段淑英 1981, 四川盐边红坭晚三叠世植物群。中国古生物学会第12届学术年会论文选集。科学出版社。
- (7) 陈晔、段淑英、张玉成, 四川晚三叠世筇竹寺植物群, 中国科学院植物研究所集刊。第二辑, 科学出版社。
- (8) 段淑英、陈晔, 四川东部中生代植物, 四川盆地中生代研究论文集, 四川人民出版社。
- (9) 徐仁、朱家桢、陈晔、段淑英、胡雨帆、朱为庆, 1979, 中国晚三叠世宝鼎植物群, 科学出版社。
- (10) 曹正尧, 1965, 广东高明小坪组植物化石。古生物学报。13(3), 510—528。
- (11) 斯行健、李星学等, 1963, 中国中生代植物。中国植物化石, 第二册, 科学出版社。
- (12) 黄枝高、周惠琴, 1980, 陕甘宁盆地中生代地层古生物(古植物)上册。地质出版社。
- (13) 煤炭科学研究所地质勘探研究所, 1980, 湘赣地区中生代含煤地层化石, 第四分册, 植物化石。煤炭工业出版社。
- (14) Harris T. M., 1926, The Rhaetic flora of Scoresby Sound, East Greenland. *Medd. om Grønland*, 68.
- (15) Harris T. M., 1937, The fossil flora of Scoresby Sound, East Greenland, Pt. V, Stratigraphic relations of the plant beds. *ibid.*, 112(2)
- (16) Harris T. M., 1961, The Yorkshire Jurassic flora. 1. Thallophyta—pteridophyta. London, Printed by Order of the Trustees of the British Museum (Natural History).
- (17) Kimura, T., 1959 Mesozoic plants from the Iwamuro Formation (Liassic) Tone-Gun, Gumma Prefecture, Japan. (On the Geological Study of the Iwamuro Formation. Ser. 11.) *Bull. Sen. High. School, Tokyo Univ. Educ.*, 1959 (3), Japan.
- (18) Oishi S., 1932, The Rhaetic Plants from the Nariwa District, Prov. Bitghu (Okayama Prefecture). *Jap. Jour. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ.*, Ser. 4, 2 (1—2).
- (19) Zeiller, R., 1902-03, Flore fossile des gites de Charbon du Tonkin. Études des gites minéraux de la France. Paris.
- (20) Криштофович А. Н. и Принада В. Д., 1933, О верхнетриасовой Флоре Армении. *Тр. Всес. геол.-разб., объём вып.* 336.

### 图 版 3

- 1—1a, *Marattia asiatica* (7980) 1a × 3.
- 2, *M. münsteri* (7954)
- 3, *Asterotheca cf. cottonii* (8008)
- 4—4a, *Todites shensiensis* (7971) 4a × 3.
- 5—5a, *Gleichenites yipinglangensis* (7976) 5a × 3

### 图 版 4

- 1, *Neocalamites carrerei* (7989)

- 2, *Todites cf. denticulatus* (7972)
- 3, *Clathropteris meniscioides* (7949)
- 4—4a, *C. monguica* (7986) 4a×3.

图版 5

- 1, *Clathropteris platyphylla* (7951)
- 2, *Dictyophyllum nathorsti* (8005)
- 3—3a, *Cladophlebis scoriosa* (7963) 3a×3.
- 4, *C. gracilis* (7966)
- 5a, *Pterophyllum sinense* (7937)
- 5b, Dipteridaceae中的某种幼叶

图版 6

- C, *Cladophlebis raciborskii* (7968)
- 2—3, *C. gracilis* (7967, 7960)
- 4, *C. sp. 1* (7950)
- 5, *C. sp. 2* (7970)
- 6, *Lüreticopteris megaphylla* (7947)
- 7—8, *Hyrcanopteris sevanensis* (7956a, 7956b)

图版 7

- 1—1a, *Hyrcanopteris sevanensis* (7955) 1a 3.
- 2, *Pterophyllum ptilum* (7999)
- 3—4, *Ctenis litangensis* (7947, 7948)

图版 8

- 1—2, *Pterophyllum astartense* (7990, 7998)
- 3—4, *P. schenkii* (7991, 7997)
- 5, *P. sp. 7975*
- 6, *Anomozamites minor* (8000)
- 7, *Baiera sp. 1* (8007)
- 8, *Glossophyllum shensiense* (7951)

图版 9

- 1, *Drepanozamites nilssoni* (8001)
- 2, *Baiera sp. 2* (8004)
- 3—4, *Podozamites lanceolatus* (7988, 7987)
- 5—6, *Pityostrobus yanbianensis* (7977, 7978) 5a×3.
- 7, *Pityophyllum longifolium* (7975)
- 8, *Glossophyllum shensiense* (8003)

图版 10

- 1, *Taeniopteris richthofeni* (7996)
- 2, *T. sp. 1* (7995)
- 3, *T. sp. 2* (7976)
- 4, *T. sp. 3* (7993)
- 5, *T. sp. 4* (7992)
- 6, *Ctenis litangensis* (7946)
- 7, *Anomozamites sp.* (7958)

**LATE TRIASSIC FOSSIL PLANTS FROM LANASHAN  
FORMATION OF LITANG DISTRICT, SICHUAN PROVINCE**

Chen Ye, Chen Minghong, Kong Zhaochen

Institute of Botany, Academia Sinica

Abstract

Fossil plants belonging to 38 species of 20 genera were collected from the Lanashan formation of Litang district of Sichuan province. One species of them is described as new.

The dominant group of the Lanashan flora is *Filicopsida* (8 genera and 16 species). Of which *Dipteridaceae* comprises 2 genera and 4 species, *Marattiaceae* and *Osmundaceae* one genus 2 species each, *Gleicheniaceae* and *Asterothecaceae* one genus and one species each and *Filicopsida Incertae Sedis* 2 genera and 6 species.

In this flora *Cycadophyta* is also a large group (4 genera and 9 species). In which *Williamsoniaceae* comprises 2 genera and 6 species. *Pteridospermae* is very rare, but *Hyracopteris sevanensis* is very rich in this flora. *Ginkgoales* and *Coniferales* comprises one genus and 3 species each. *Podozamites lanceolatus* forms the most conspicuous feature of this flora.

The characters of this flora shows that it closely resembles Yipinglang flora of Yunnan, Xujiache flora of Sichuan Basin, late Triassic flora of Qinghe and Eastern Xizang, Tonkin flora of Vietnam, Nariwa flora of Japan and East Greenland flora, but is younger than the Daqiaodi flora found in Baoding of Sichuan. The age of the flora is assigned to the middle keuper—Rhaetic stage of late Triassic. The climate of litang was then rather warm and wet of tropical—subtropical in nature.

## 6. 西藏东部发现景星化石动物群

陈金华 曹美珍 林启彬 刘秀英

(中国科学院南京地质古生物研究所)

1982年,笔者参加中国科学院青藏高原综合科学考察队,在西藏东部八宿地区的拉贡塘组中发现了一个以双壳类奇异蛤(*Peregrinoconcha*)为主体的化石群(通称景星动物群),这个生物群化石数量丰富,产于一套单斜地层中,下有海相层作底,上有多尼植物群作顶,这样完好的地层序列在构造复杂的横断山区是少见的。这一发现对于我国长期争论的有关滇西景星组的时代的解决,以及在此基础上对于我国陆相侏罗—白垩系分界的研究可能均有一定的帮助。

### 一、地 层 概 述

在藏东地区,侏罗、白垩系分布比较零星,大致沿怒江流域两侧伸展。中下侏罗统称柳湾组和勐嘎组,由灰岩、红色碎屑岩及少量火山岩组成;这两组地层在昌都、察雅一带相变为察雅群,以红层为主夹少量泥灰岩,属海陆交互相沉积。上侏罗统拉贡塘组及下白垩统多尼组为灰黑色砂板岩,局部夹灰岩和煤层,在昌都地区相变为红层,称香堆群。八宿组(新组名)取名于八宿县城附近,为大套轻度变质红层,整合于多尼组之上,时代为早白垩世晚期。再向上为贡觉群红层,属晚白垩世至早第三纪,与八宿组不整合接触。

| 时 代           | 怒江流域 | 昌都地区 |
|---------------|------|------|
| 晚白垩世<br>至早第三纪 | 贡觉群  | 贡觉群  |
| 早白垩世          | 八宿组  | 香堆群  |
|               | 多尼组  |      |
| 晚侏罗世          | 拉贡塘组 | ?    |
| 中侏罗世          | 柳湾组  | 察雅群  |
| 早侏罗世          | 勐嘎组  |      |

图1 藏东侏罗、白垩系划分表

我们工作的八宿地区,上侏罗统及下白垩统十分发育,大致可划分出三套岩性,分别归干拉贡塘组、多尼组和八宿组。现将我们测制的八宿林卡区加东一脚九剖面简述如下:

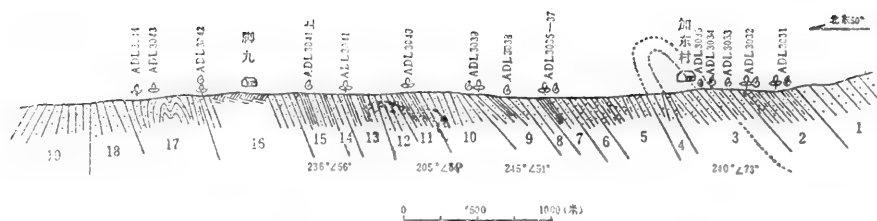


图2 西藏八宿加东一脚九J<sub>3</sub>-K<sub>1</sub>剖面图

### 八宿组 (新组名)

19. 紫红色含砾砂岩, 底部为黄绿色, 向上逐渐过渡为砖红色, 并向下覆地层过渡。  
 >100米

—— 整 合 ——

### 多尼组

18. 灰黄、灰白色中层状砂岩, 中间夹一层厚10米之板岩和煤线。

17. 灰白、灰黄、灰黑色砂岩, 夹粉砂岩、板岩和煤线, 产植物化石 (ADL 3043, 3044): *Cupressinocladus* sp., *Frenelopsis*? sp., *Sphenopteris cretacea* Li, *Otozamites* sp., *Pseudecten* sp., *Ptilophyllum* sp.。此层可与瓦达煤矿可采煤层附近地层 (ADL 3013-3022) 对比, 瓦达煤矿产植物: *Klukia* sp., *Zamiophyllum buchianum* (Ett), *Weichselia reticulata* (S. et W.), *Sphenopteris cretacea* Li, *Gleichenites* sp., *Sagenopteris* sp., *Taeniopteris* sp., *Pseudecten* sp., *Frenelopsis*? sp., *Zamites* cf. *niumagouensis* Wu。  
 700米

—— 整 合 ——

### 拉贡塘组

16. 灰白色中粒粗砂岩与灰黑色粉砂质板岩互层, 中间大部分被第四纪河床相堆积覆盖 (推测为含煤砂板岩), 河对面相当层位见含煤炭质砂、板岩互层。产双壳类和植物 (ADL 3042): *Peregrinoconcha perlonga* Wen, *P. yunnanensis* Chen et Lan, *P. sp.* (sp. nov.), *Sphenopteris cretacea* Li。  
 900米

15. 灰黑色粉砂岩夹灰黑色页岩, 中夹三层灰白色砂岩, 产双壳类 (ADL 3041 上) *Peregrinoconcha* sp.。  
 180米

14. 灰白色厚层石英砂岩。  
 20米

13. 灰黑色粉砂岩夹灰黑色板岩, 产植物化石 (ADL 3041): *Sphenopteris* sp.。  
 130米

12. 灰白色中粒石英砂岩。  
 90米

11. 灰黑色粉砂岩与同色板岩互层, 产植物化石 (ADL 3040): *Cupressinocladus* sp., *Carpolithus* sp.。  
 100米

10. 灰白、灰绿色厚层砂岩, 夹少量灰黑色粉砂岩。  
 320米

9. 灰黑色粉砂岩, 夹板岩和页岩, 产双壳类及植物化石 (ADL 3038, 3039): *Peregrinoconcha perlonga* Wen, *P. jingguensis* (Lan), *P. alta* Lan, *Eonippononaia* sp., *Sinonaia* sp., *Falcimyltilus* sp., *Rhynchopteris*? sp., *Lycettia* sp., *Modiolus* cf. *bi-*



- partitus* (Sow.)。 280米
8. 灰白色厚层砂岩。 40米
7. 灰白色砂岩与灰黑色粉砂岩及板岩互层, 向上粉砂岩及板岩增多, 产双壳类及少量植物 (ADL 3037): *Peregrinoconcha perlonga* Wen, *P. yunnanensis* Chen et Lan。 50米
6. 灰白色厚层砂岩, 上部夹一厚10米之灰黑色粉砂质板岩, 内含植物碎片。此层与第1层重复。 110米
5. 灰黑色粉砂岩夹同色板岩和少量灰白色砂岩, 粉砂岩中云母较丰富并发育斜层理及波痕构造。此层下部与第2层重复, 上部与第3层部分地重复。 350米
4. 灰白色中厚层砂岩。此层与第3层部分地重复。 80米
3. 上部为深灰色粉砂质板岩, 产双壳类和介形类化石 (ADL 3033, 3034): *Peregrinoconcha perlonga* Wen, *P. yunnanensis* Chen et Lan, *P. minima* (Lan), *P. alta* Lan, *Eonippononaiia* sp., *Pholadomya* sp., *Anisocardia* sp., *Jingguella* sp., *Damonella* sp., *Darwinulla* sp., 下部为深灰色砂岩夹粉砂岩, 产海相双壳类化石 (ADL 3035): *Iotrigonia uhligi* (Holdhaus)。本层内可见一倒转背斜, 部分与第4、5层重复, 实际厚度约110米。 280米
2. 灰黑色细砂岩, 夹黑色板岩, 板岩中产植物、介形类和双壳类化石 (ADL 3031, 3032): *Gleichenites* sp., *Sphenopteris* sp., *Peregrinoconcha perlonga* Wen, *P. sp.*, 本层与第5层下部重复。 60米
1. 中厚层灰白色石英砂岩 (仅测部分)。 70米  
(未见底)

## 二、海相层的时代

在八宿林卡加东至脚九剖面上, 海相层位于拉贡塘组下部(第3层, 化石点ALD 3035), 其中仅见双壳类 *Iotrigonia uhligi* (Holdhaus), 该种标本数量比较丰富, 特征明显 (见图3)。据查证, *Baxoitrigonia uhligi* 种目前在世界上仅发现于喜马拉雅山西段的斯匹提 (Spiti) 地区, 产出层位是上斯匹提页岩 (Upper Spiti Shales)。1913年, 郝特哈斯 (K. Holdhaus)<sup>(1)</sup> 在鉴定斯匹提标本时, 将这一种的属名定为 *Goniomya*。但我们发现, 无论是斯匹提标本还是西藏标本, 这一种的壳面“V”形脊装饰与通常所见 *Goniomya* 属很不相同, 它们的水管区及盾纹面脊特征亦显示应属三角蛤科 (Trigoniidae), 本文改定为 *Iotrigonia* Hoepen, 1929。然而, 无论如何, 八宿的标本与斯匹提地区的标本属于同种是没有疑问的。

关于斯匹提页岩的时代, 已有许多人作过调查和讨论。斯匹提页岩可划分为两部分: 下部很少见双壳类, 产菊石 *Mayites*, *Grayiceras* 等, 属牛津期 (Oxfordian); *Iotrigonia uhligi* 出现于它的上部, 共生有很多重要化石, 如双壳类 *Buchia spitiensis*, *B. extensa*, *B. leguminosa*, *B. blanfordiana*, *Inoceramus stoliczkai*, *I. everesti*, *I. gracilis*, *Trigonia spitiensis*, *Astarte spitiensis* 等, 与欧洲的 *Buchia bronni* 带相当 (Holdhaus, 1913)。另外, 斯匹提页岩上部还产菊石 *Belemnopsis uhligi*, *B. gerarti* 等, 指明它的时代为晚侏罗世启莫里期 (Kimmeridgian) (赵金科, 1976)<sup>(2)</sup>。因此, 用斯

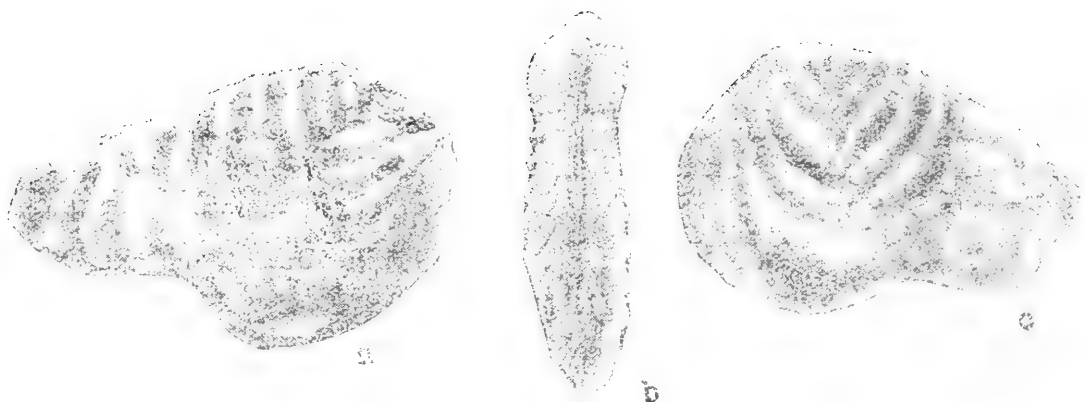


图3 *Lotrignonia uhligi* (Holdhaus)

a. 右侧视 b. 背视 c. 左侧视 均×1

产于西藏八宿加东村, 拉贡塘组下部 (ADL3035)

匹提地区上斯匹提页岩的化石, 可以确定八宿地区海相层的时代为启莫里期。

在以往有关西藏侏罗纪地层的研究记录中, 拉贡塘组还曾发现过很多菊石, 如 *Virgatospinectes*, *Metapeltoceras*, *Kinkeliniceras*, *Macrocephalites*, *Peltoceratoides*, *Indospinectes*, *Prosospinectoides*, *Neocomites*, *Thurmaniiceras*, *Kilianella*, *Hoplocardiceras*, *Ataxioceras*, *Euiasenia*, *Katrolliceras*, *Phylloceras*, *Aulacosphinectes*, *Aspidoceras*, *Berriasella*等, 分别产于洛隆、类乌齐、丁青等地, 但是它们的确切层位尤其是海相层与景星动物群的关系一直没有搞清楚。从菊石化石名单看, 有的是上侏罗统代表, 有的则是下白垩统下部分子。这些不同时代的化石是否产于相同层位, 抑或有上下关系还没有系统剖面报导。但是, 自从李璞等 (1955)<sup>(3)</sup>建立拉贡塘组并提供菊石化石名单以来, 长期中人们一直将拉贡塘组视为藏东晚侏罗世的代表, 而从未有人对此提出过怀疑。可见, 拉贡塘组的海相化石指示为晚侏罗世时代, 已为地质界普遍接受, 也与我们以上根据双壳类化石确定的八宿地区海相层时代一致。至于以前一些白垩纪菊石名单, 我们感到, 有的可能鉴定有误, 有的则可能并非产自拉贡塘组。由于藏东在晚侏罗世至早白垩世时期正处于古地中海边缘, 不同阶段的海侵范围有所不同, 因而在不同地区见到不同时期的海相化石是可以理解的。但是, 拉贡塘组是否也产早白垩世早期的菊石? 是值得怀疑的。

### 三、景星化石群的时代及生物相

所谓“景星化石群”, 是指原发现于云南西部景星组内以双壳类奇异蛤 (*Peregrinonconcha*), 介形类景谷介 (*Jingguella*) 组合成的一个化石群<sup>(8,9,10)</sup>(图4)。由于近些年来, 这一化石群的一些重要分子逐渐在邻近地区发现<sup>(4,5,6,7,16)</sup>, 又因这一化石群产于古地中海东部边缘地区, 因此不少人将它视为连结我国侏罗—白垩纪陆相地层与西藏海相地层的纽带, 引起了地质古生物学界特别是研究侏罗—白垩系界线工作者的普遍重视。但对这一化石群的生物相及地质时代, 也存在着不同意见的争论, 归结起来, 大致有以下三种意见:

(1) 海相晚侏罗世或中晚侏罗世<sup>(4,8,9)</sup>; (2) 陆相早白垩世<sup>(6,11,12,17,18)</sup>; (3) 半咸水相晚侏罗世至早白垩世早期<sup>(7,15)</sup>。

#### 1. 生物相

对于滇西景星组内是否存在海相化石的问题,有人<sup>(12,17)</sup>从奇异蛤的铰齿构造出发持否定态度。我们认为,从《云南中生代化石》<sup>(8)</sup>中所发表的一些景星组化石看,十分显著的海相指示化石确实并不存在;但是,能否因此否定景星化石群与古代海侵的关系?我们认为不然。这次我们在藏东的景星化石群中发现,与奇异蛤共生的除*Falcimylus*, *Mytilus*, *Lycettia*等与古海有一定关系的属外,还有*Rhynchopterus?*和*Plicatounio*两属(图5),这后两属对于水质的指示性是很清楚的。当然,从整个化石群来看,海相属种占的比例很少,故不能认为它是一个正常盐度的海相动物群,而很可能是与海侵有关的半咸水环境产物。根据岩相分析资料,滇西景星组内发现了“海相沉积的层理类型”和“海绿石等”海相指示矿物<sup>①</sup>,因而推测它“反映了潮坪中下部位潮渠的特殊环境,这种水域经常是以淡水或微咸水为主,但大潮期间又以海水或咸水占优势”。<sup>②</sup>我们认为,这种分析与生物相特征是一致的。

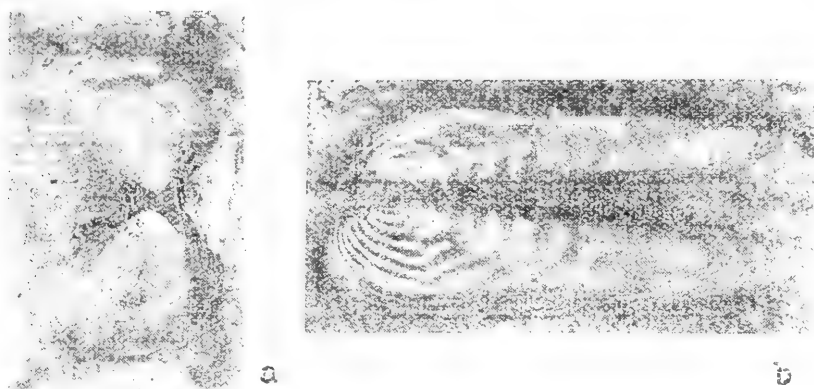


图4 a. *Peregrinoconcha yunnanensis*  
Chen et Lan 两壳内模侧视×1。产于西藏八宿脚九村,拉贡塘组顶部(ADL3042)  
b. *Peregrinoconcha perlonga* Wan,  
两壳侧视×1.5。产于西藏八宿加东至脚九间,拉贡塘组中部(ADL3038)

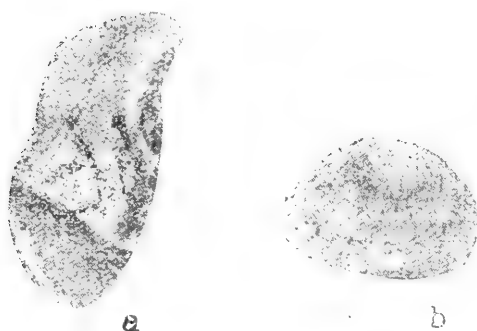


图5 a. *Rhynchopterus?* sp., 右侧视×3。产于西藏八宿加东村,拉贡塘组下部(ADL3033)  
b. *Plicatounio* sp., 右侧视×2。产于西藏八宿加东村,拉贡塘组中部(ADL3032)

① 张家良(1980资料); ② 吴瑞忠(1980资料)。以上均引自云南省地质局钾盐地质科学研究队编《云南思茅地区钾盐地质研究论文集》(1980)

## 2. 时代

景星动物群本身, 无论是滇西的还是藏东的, 都以区域性属种为主, 很难进行广泛的特别是与古地中海海区化石群的比较。以前鉴定的“*Falcimylus dietrichi* Cox”, “*F. ? tromaensis* Cox”, “*Lycettia indica* Cox” 等的时代依据并不充分; “*Quenstedtia*”, “*Mactromya*”, “*Tancredia*”, “*Anisocardia*” 及 “*Pleuromya*” 等化石的属级位置也难以确定 (见马其鸿等, 1976)<sup>(9)</sup>。藏东的景星化石群包括有双壳类 *Peregrinoconcha yunnanensis* Chen et Lan, *P. minima* (Lan), *P. jingguensis* (Lan), *P. alta* Lan, *P. perlonga* Wen, *Pholadomya* sp., *Rhynchopterus?* sp., *Falcimylus* sp., *Modiolus* cf. *bipartita* (Sow.), *Lycettia* sp., *Eomiodon* sp., *Anisocardia* sp., 介形类 *Jingguella* sp., *Damonella* sp., *Darwinula* sp.; 共生松柏类及蕨类植物 *Cupressinocladus* sp., *Carpolithus* sp., *Frenelopsis?* sp., *Plagiophyllum* sp. 等。这些属种特别是双壳类属种几乎与云南景星组的分子完全相同, 唯有差别是 *Peregrinoconcha perlonga* 种个体在藏东特别丰富, 这可能是一种小的区域性差异。

重要的是景星化石群在藏东八宿地区的产出层位, 我们将它与其下的海相层及其上的植物群和陆相生物群的关系简化如下 (图 6)。我们在林卡区加东一脚九剖面上见到, 奇异蛤—

| 时 代           | 层位          | 生 物 组 合                                                           | 生物相           |
|---------------|-------------|-------------------------------------------------------------------|---------------|
| Albian—Aptian | 八宿组         | 双 壳 类<br><i>Trigonioides—Pseudunio</i><br><i>tibetica</i> 组合 (边坝) | 内陆河湖          |
| Neocomian     | 多尼组         | 植 物<br><i>Zamiophyllum—Weichselia—Klukia</i> 组合                   | 滨岸沼泽          |
| Tithonian     | 拉贡塘组<br>中上部 | 双壳类、介形类<br><i>Peregrinoconcha—Jingguella</i> 组合                   | 半咸水<br>(河口海湾) |
| Kimmeridgian  | 拉贡塘组<br>下部  | 双 壳 类<br><i>Baxoitrigonia</i> 层                                   | 海相            |

图 6 藏东侏罗—白垩纪生物组合及生物相

景谷介组合的最低层位相距海相层仅 5 米, 最高分布层位达拉贡塘组顶部。它的上覆地层多尼组, 产大量植物化石 (以蕨类为主): *Klukia* sp., *Zamiophyllum buchianum* (Ett.), *Weichselia reticulata* (S. et W.), *Sphenopteris cretacea* Li, *Gleichenites* sp., *Sagenopteris* sp., *Pseudoctenis* sp., *Taeniopteris* sp., *Frenelopsis?* sp., *Cladophlebis* cf. *browniana* Lee, *Ptilophyllum* sp., *Podozamites?* sp., *Zamites* cf. *niumagouensis* Wu 等。这一植物群据李佩娟<sup>(13)</sup> 新近研究, 与拉萨附近的楚木龙组和林布宗组 (尤其是后者) 植物群十分相似 (段淑英等, 1977)<sup>(14)</sup>, 并可与英国 Wealden 植物群作比较, 时代属 Neocomian 期。另据王乃文等人 (1982 年资料)<sup>①</sup>, 在拉萨地区的林布宗

① 见中国地质学会成立 60 周年纪念大会中新世代讨论会论文摘要

组底部最近发现一海相层,产早Tithonian期菊石*Virgatosphinctes*等,因而林布宗组还不能全归早白垩世早期,可能包括晚侏罗世最晚期沉积。从整个西藏地区地层材料看,晚侏罗世Tithonian中晚期至早白垩世Neocomian期,西藏有一个海退过程。我们在藏东所见情形与此是吻合的(见图6)。根据前面分析,拉贡塘组下部有一海侵,中上部变为半咸水相,到多尼组则成为滨岸沼泽相含煤沉积,也是一个海退过程。从上下生物群组合时代及海侵史研究结果<sup>(15)</sup>,景星动物群应介于Kimmeridgian阶与Neocomian阶之间,它的大部分归晚侏罗世晚期(Tithonian)较合理。考虑到上覆植物群指明的Neocomian阶还包括Berriasian阶、Valanginian阶、Hauterivian阶和Barremian阶,该植物群具体的时限并不十分明确,但它至少不会晚于后两个阶,因此,景星化石群的上部层位不晚于Valanginian阶。

## 参 考 文 献

- (1) K. Holdhaus, 1913, *Palaeont. Indica*, ser. 15, vol. 4, pt. 2, no. 4, pp. 397—456, pls. 97—100.
- (2) 赵金科, 1976, 珠穆朗玛峰地区科学考察报告, 古生物, 第三分册, 科学出版社, 503—545, 18图版。
- (3) 李璞等, 1955, 科学通报, 1955(7), 62—71。
- (4) 中国科学院南京地质古生物研究所等, 1979, 西北地区古生物图册, 青海分册, 地质出版社, 225—314, 58—96图版。
- (5) 王孟筠、陈茂凯、郭孟明、曾良镗、叶春辉, 1982, 地层学杂志, 6(2), 92—100, 2图版。
- (6) 郝诒纯、苏德英、李友桂、余静贤、张望平、李佩贤、齐骅、关绍曾、郭福祥, 1982, 地质学报, 56(3), 187—199。
- (7) 陈丕基、黎文本、陈金华、叶春辉、王振、沈炎彬、孙东立, 中国科学, 1982(6—7), 558—565; 651—664。
- (8) 中国科学院南京地质古生物研究所等, 1975, 云南中生代红层, 科学出版社, 201。
- (9) 马其鸿、陈金华、兰琇、顾知微、陈楚震、林敏基, 1976, 云南中生代化石, 上册, 科学出版社, 161—386, 42图版。
- (10) 叶春辉、勾韻娴、侯祐堂、曹美珍, 1976, 云南中生代化石, 下册, 科学出版社, 153—330, 24图版。
- (11) 王鸿楫、刘本培, 1980, 地史学教程, 地质出版社, 266—280。
- (12) 郭福祥, 1981, 中国古生物学会第12届年会论文选集, 科学出版社, 61—79, 3图版。
- (13) 李佩娟, 1982, 川西藏东地区地层与古生物, 第二册, 四川人民出版社。
- (14) 段淑英、陈晔、耿国仓, 1977, 植物学报, 19(2)期, 114—119, 3图版。
- (15) 陈金华, 1982, 地质学报, 56(4), 334—346。
- (16) 蒋志文, 1982, 青藏高原论文集, 地质出版社, 10, 134—148, 5图版。
- (17) 郭福祥, 1982, 地质学报, 56(4), 324—333, 2图版。

## DISCOVERY OF JINGXING FAUNA IN EASTERN TIBET

Chen Jinhua

Cao Meizheng

Lin Qibing

Liu Xouying

## Abstract

Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica

The famous Juro-Cretaceous Jingxing Fauna which contains mainly the bivalves *Peregrinoconcha* was discovered from the Lagongtang Formation in

eastern Tibet in 1982. According to its stratigraphical horizons and the ages of underlying marine beds and overlying floras, the authors are inclined to think that this fauna largely belongs to Tithonian. The biologic facies of this fauna indicate a brackish environment. The discovery may contribute significantly to the exploration of the boundary between the nonmarine Jurassic and Cretaceous in western China.

## 7. 古新世特提斯海东端古地理轮廓 及滇西古新世海侵问题

吴 浩 若

(中国科学院地质研究所)

滇西古新统勐野井组是一个很重要的含盐层位，历来一般作为陆相沉积。最近，夏文杰和吴瑞忠（1981）根据其中盐的成分分析，潮汐层理，及有孔虫、腕足类碎片的发现，认为这套含盐地层是代表一种以陆相为主的海陆过渡环境。但他们并未讨论海水可能来自何方？

根据西藏及其邻区白垩纪末—第三纪初的古地理分析，笔者认为，古新世的特提斯海浸间或波及滇西是很有可能性的。

白垩纪末，随着印度板块北移，特提斯海域逐渐缩小。但直到始新世，古亚洲大陆与印度陆块之间，仍有相当宽阔的海域存在。它从西面的信德—俾路支，经过克什米尔、尼泊尔、不丹和西藏南部，直到阿萨姆、孟加拉和印缅边境地区（Sahni and Kumar, 1974）（图1）。

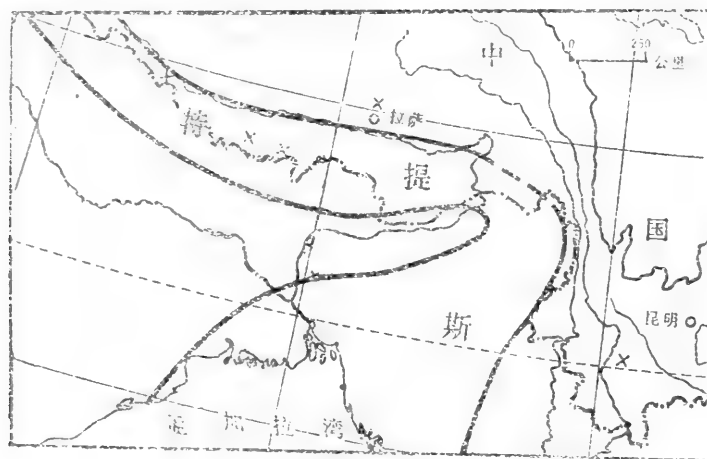


图1 古新世特提斯海东端轮廓  
× 古新世海相化石点

在西藏南部，喜马拉雅北坡的岗巴和定日一带，一、二千米厚的古新一始新统海相碳酸盐地层早已被发现。最近，在冈底斯南坡的仲巴地区又发现了海相古新统和始新统地层（章炳高、穆西南，1979；钱定宇等，1982），为一套生物碎屑灰岩与砂岩、砾岩的互层。灰岩中富含底栖有孔虫、腹足类和瓣鳃类化石，为滨海环境的沉积。推测当时的特提斯海北岸可能沿冈底斯南缘延伸。

值得注意的是，在拉萨北面的林周县，也有含古新世有孔虫和藻类化石的灰岩发现（章炳高、穆西南，1979）。在拉萨地区，早白垩世以后，海水已基本撤出，上白垩统以陆相红层和火山岩为主。因此，上述灰岩的存在，标志着一次古新世的海侵曾远及拉萨以北。在印度东北部阿萨姆地区，古新世海相沉积超覆于古老变质岩之上（Nagappa, 1959; Bhandari et al., 1973），也同样地证明了特提斯东端古新世海侵的存在。这个时期的海侵，是否影

响到滇西,是一个值得注意的问题。

至少从中生代后期开始,西藏和滇西的地史发展已经有密切的联系。两地都存在侏罗纪中期的海侵,晚侏罗—早白垩世的海陆交互相地层,白垩纪的红层等。白垩纪后期,拉萨—波密地区,昌都地区和滇西一起构成了古亚洲的西南陆缘。第三系地层,虽然年代划分还不甚确切,但沉积序列的变化是类似的,其上部 and 下部都以较细的碎屑沉积为主,中间则有大套的砾岩。西藏冈底斯南坡的始新世植物群以榕树和桉树为主,代表低海拔的湿热气候环境(Xu Ren, 1981; Guo Shuang-xing, 1981)。而滇西古新统是大套的泥岩,很少粗碎屑物质,也说明该区的地形是平缓的。因此,它们都较易于受到海侵的影响。犹如第四纪时的中国东部平原,曾不止一次发生规模不等的海侵。

还应该看到,西藏和滇西的强烈构造变动,是直到始新世以后才发生的。今日滇西古新统含盐地层成窄条状分布,应是后来褶皱剥蚀的结果,并不代表当时的沉积范围。当时,那里很可能是一个大面积的近海沉积盆地,有条件接受来自特提斯的海侵。

### 参 考 文 献

- (1) 夏文杰、吴瑞忠, 成都地质学院学报, 1981 (2), 69—78。
- (2) 钱定宇、章树民、顾庆阁, 地质科学, 1982 (3), 329—332。
- (3) 章炳高、穆西南, 1979, 地层学杂志, 3 (1), 65—66。
- (4) Bhandari, L. L., Fuloria, R. C. and Sastri, V. V., 1973, Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., 57, 642—654.
- (5) Guo Shuang-xing, 1981, Geological and Ecological Studies of Qinghai-Xizang Plateau; Proc. Symp. Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau(Beijing, China), 201—206.
- (6) Nagappa, Y., 1959, Micropaleontology, 5, 145—192.
- (7) Sahni, A. and Kumar, V., 1974, Palaeogeogr. Palaeoclimatol., Palaeoecol., 15, 209—226.
- (8) Xu Ren, 1981, Geological and Ecological Studies of Qinghai-Xizang Plateau; Proc. Symp. Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau (Beijing, China), 139—144.

## PALAEOGEOGRAPHIC OUTLINE OF THE EAST END OF TETHYS DURING THE PALAEOCENE AND THE PROBLEM ON PALAEOCENE TRANSGRESSION IN WESTERN YUNNAN

Wu Haoruo

Institute of Geology, Academia Sinica

Abstract

Recently, fragments of foraminifera and brachiopod as well as other evidences of marine sedimentation have been found from a palaeocene salt-bearing sequence in western Yunnan. The problem that where the sea water came from arises.

During Palaeocene the Tethys still kept a rather broad waterways between the ancient Asia continent and the Indian block. Its northern coast ran along the southern margin of the Gandise. It is worth noting that some



limestones bearing Palaeocene foraminifera have been found in the Lhasa district, where land had already been formed in the late Cretaceous. This indicates that a Palaeocene transgression invaded into the Lhasa district. At the same time, in the Assam region the Palaeocene marine beds also covered upon the old metamorphic rocks. It appears likely that at the eastern end of the Tethys the Palaeocene transgression affected a wide area, extending even to western Yunnan.

## 8. 横断山区中段——兰坪新第三纪植物化石群及其意义<sup>①</sup>

陶 君 容

(中国科学院植物研究所)

我们古植物专业组在1981年横断山区中段野外考察时,发现若干新生代沉积盆地中保存有植物化石,其中有维西县的龙转湾,兰坪县的福东村及中甸县的尼西公社。化石保存较好的仅有兰坪。本文重点报导该植物化石区系。

横断山区的中段(滇西至滇西北)经中生代的造山运动(印支运动)后,地面普遍上升。当进入新生代时期,又由于受喜马拉雅抬升活动的影响,本区地形切割剧烈,多是高山深谷,其河流与山系绝大部分为南北走向。兰坪位于澜沧江东岸(北纬 $26^{\circ}40'$ ,东经 $99^{\circ}$ ),区内主要山脉自西向东有碧罗雪山、雪盘山、罗平山等,略呈平行排列。本区由于海拔较高,气候温和,年平均温度 $12^{\circ}\text{C}$ — $14^{\circ}\text{C}$ ,5—8月较热,在澜沧江河谷的温度可达 $38^{\circ}\text{C}$ ,最低温度是在12月至次年4月,最低至零下 $9^{\circ}\text{C}$ 。年降雨量为1000—1400毫米。实属温带气候。由于地形切割剧烈,高差悬殊,故垂直气温变化亦较大。

### 一、化石产地的地层概述

化石产地—金顶街福东村,位于兰坪县城东约100公里处,此处出露一套黄灰、黄白色细砂岩夹灰、黑色泥岩,其中有四层薄煤层,该层总厚度100余米。

剖面概述如下(从上至下)(图1)。

9. 黄白色厚层状粗砂岩,夹少数红色泥岩。砂岩常含砾石,下部砾石增多成砂砾岩。厚160.4米。
8. 底部为砾岩,中部砂岩,上部泥岩组成。厚27.6米。
7. 蓝灰、灰、紫灰色泥岩,上部粉砂岩,下部夹黑色炭质页岩。厚83.8米,本层含植物化石及螺、介形类。
6. 灰、红色厚层状粗粒石英砂岩,含大量螺,厚34.1米。
5. 灰色泥质细砂岩与蓝灰色泥岩互层,含螺类,厚8.4米。
4. 黄灰、黄白色细砂岩夹灰、黑色泥岩及四层薄煤层。厚100余米。含植物化石。
3. 上部黄灰色细砂岩,含砾砂岩夹蓝色泥岩,下部带红色砂砾岩。厚37.8米。
2. 上部蓝灰色泥岩,泥质粉砂岩,下部灰白色中厚层状细—粗砂岩夹黑色泥岩。厚37.2米。
1. 灰色砾岩、砂砾岩、灰白色砂岩夹黑色泥岩,炭质泥岩及煤线。含植物化石碎片。厚87.5米。

—————不整合于下第三系云龙组—————

<sup>①</sup> 参加野外化石采集的还有陈明洪、孔昭宸、陈华、段淑英、康自宁同志。野外工作中得到云南省地质局及区测队的协助。文中化石由赵瑞琪、朱培君同志摄制,特此致谢。

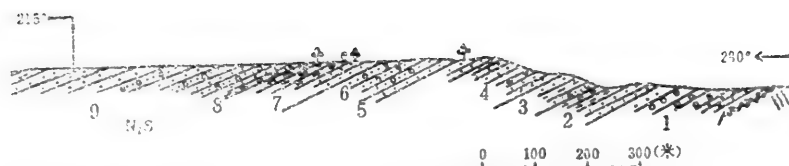


图1 兰坪县金顶公社福东村上第三系三营组实测剖面图(此剖面图系云南省区域地质调查队1982年所测)

1. 砾岩、砂砾岩夹泥岩和煤线; 2. 泥岩、粉砂岩; 3. 细砂岩、泥岩; 4. 细砂岩、泥岩及薄煤层; 5. 细砂岩、泥岩; 6. 砂岩; 7. 泥岩、粉砂岩、炭质页岩; 8. 砾岩、砂岩、泥岩; 9. 砂岩夹泥岩、砾岩

## 二、植物组合特征的分布及讨论

在福东村采得植物化石120余块, 几乎全是叶部印痕化石, 少数为种子印痕化石。经鉴定共有17种, 分属3个科4个属, 其中栎属 (*Quercus*) 12种: 古帽斗栎 (*Quercus pregavaefolia* sp. nov.)、匙叶栎 (*Quercus spathulata*)、兰坪栎 (*Quercus lanpingensis* sp. nov.)、偏叶栎 (*Quercus obliquifolia* sp. nov.)、前矮山栎 (*Quercus premonimotricha* sp. nov.)、披针叶栎 (*Quercus lancefolia* sp. nov.)、黄背栎 (*Quercus pa-nosa*)、川西栎 (*Quercus gilliana*)、灰背栎 (*Quercus senescens*)、川滇高山栎 (*Quercus aquifolioides*)、矮山栎 (*Quercus monimotricha*)、白皮柯 (*Lithocarpus dealbata*) 及豆科植物2种 (*Besmodium microphyllum*与一种未定名的)。裸子植物有松(五针的)、云杉各一种, 除保存有针叶外还有种子。

该化石植物群共计17种植物, 其中高山栎类的化石有11种, 为该植物群的主要分子。高山栎类的现代种类主要组成硬叶常绿阔叶林, 多集中分布在西藏高原东部及横断山脉地区, 所占的纬度约在北纬26°—32°之间, 即金沙江上游、澜沧江、怒江中游一带, 北至大渡河、岷江上游。根据我们在野外及许多从事植物分类学和生态学工作者的共同观察, 均认为现代高山栎类为生态适应幅度较宽的一群植物, 既可生长于土层深厚、肥沃、气候温凉湿润的地区; 也可生长于土层瘠薄、干燥、向阳或气候寒冷的高山地带。前者多长成乔木, 后者呈低矮灌丛或小乔木。该类群现代生境的多样性, 是在第三纪种的基础上发展形成的。从福东村所采得的120余块化石中, 有96块属高山栎类, 再从种的数量看亦为优势。这显示了在第三纪后期, 高山栎种类的复杂性已具雏型。高山栎类群的分化出现在兰坪福东村植物化石群中, 表现为种的数量较多; 若从叶级谱分析, 该植物群的叶多属革质常绿类型, 叶形中等偏小, 叶缘多为全缘, 尤在高山栎类化石中极少见叶边缘具齿。它综合反映了沉积时期的气候较暖而湿润, 若与现在当地的气候环境相比, 本区分布的高山栎类叶缘具齿的类型多(指成熟叶), 说明现在该区气候较化石沉积时期变得干、凉, 这也是由本区上升活动所致。

在新第三纪后期由于喜马拉雅隆起速度加快, 引起该区地形、气候、土壤诸自然因素的多变性、复杂性, 为该类群植物化石的分化、演变提供了多种生态环境。上新世时期该区的高度比现在低, 相应的气候比现在更暖而湿润, 因而当时生长的植物均为全缘叶型。而现在在该区分布的高山栎, 叶缘多出现刺状齿, 叶面光滑, 叶背密被黄色短绒毛, 这些均是耐寒、耐干旱的生态特征。

高山栎类现代种, 集中分布于我国西藏东部及横断山区, 主要组成硬叶常绿阔叶林, 其

主要种类有*Quercus aquifolioides*, *Q. pannosa*, *Q. guyavaefolia*, *Q. longispica*, *Q. gilliana*, *Q. spinosa*, *Q. rehderiana*, *Q. semicarpifolia*, *Q. senescens*, *Q. spathulata*, *Q. cociferoides*, *Q. franchettii*等。其中大面积分布的为*Q. aquifolioides*, 此种分布区偏北, 其它种分布一般偏南, 常为亚热带山地常绿阔叶林的伴生种。栎属的常绿类型在欧洲以*Quercus ilex*为代表, 集中分布在地中海沿岸, 亦组成硬叶常绿阔叶林。在北美洲的加利福尼亚和俄勒冈南部, 则是以*Quercus densiflora* (密花栎) 或*Q. agrifolia* (禾叶栎) 为主的硬叶常绿阔叶林。而在南半球虽有硬叶常绿阔叶林的分布, 其组成种类完全不同, 是以多种桉树为主。在非洲是硬叶林灌丛。以栎类为主的硬叶常绿阔叶林仅出现于东亚、北美有限范围内。

对比第三纪化石分布情况, 高山栎类的化石出现在我国西藏南木林乌龙组晚中新世地层, 亦出现在云南洱源三营组上新世晚期地层中, 以及西藏地区的希夏邦马峰野博康加勒层晚上新世。洱源及希夏邦马峰所产植物化石与高山栎的几个现代种, 在叶子形态特征上完全相似, 而南木林乌龙组所保存的若干高山栎类化石亦与现代种无大的差别, 与兰坪地区的化石也有其相似性, 均属高山栎类。这类化石在亚洲除我国发现外, 还在克什米尔 (Kashmir) 的更新世沉积中发现。栎属化石在欧洲的分布有法国的坎塔尔上新世地层, 化石有*Quercus ruber*, *Populus*, *Prunus*, *Ulmus*, *Fraxinus*等, 其中的*Quercus ruber*的叶形特征与高山栎类近似。在北美哥伦比亚高原区。包括Washington, Oregon, Idaho, California及Montana等 (Chaney and Axelrod, 1959) 的中中新世, 至上中新世植物群中栎属共有9种, 其中的两种 (*Q. dayana* Knowlton), (*Q. hannibalii* Dorf) 和高山栎类在叶形及脉序特征方面均相似。在内华达的西部至中部的中—上新世植物群 (Axelrod, 1956) 中亦有*Q. hannibalii*和*Q. wislizenoides* Axelrod, 在加利福尼亚中部的第三纪 MT. Reba flora, 共有14种植物化石, 其中亦有*Quercus hannibalii*, 在化石中, *Quercus*属植物占总数的12.6%, 是其中最丰富者 (Axelrod 1980)。化石*Quercus hannibalii*, *Q. wislizenoides*, *Q. dayana*等种均与现代高山栎类的叶形及脉序特征极相似, 尤与兰坪所出现的*Q. pregayavaefolia*相近似。

从高山栎类的现代分布及其所保存的化石分布区的比较, 可以看出该群植物的现代分布未远离其化石分布区, 或接近于它们的始生分布区; 这类植物在中新世以前尚未出现, 而是地史上分化晚近的类群; 这类植物多与一些温带落叶阔叶植物相伴而生, 如*Betula*, *Populus*, *Alnus*, *Carpinus*等, 也有局部小块地区出现较单一的纯林, 下层有豆科、蔷薇科植物。兰坪上新世晚期植物区系的种属较单一, 亦可能是局部小环境所致, 也不排除标本采集量较少的原因。

### 三、同时代植物群的比较及地层时代

兰坪县福东村所产植物化石, 其组合面貌与洱源三营组及希夏邦马区的极相似, 又与南欧上新世中晚期及克什米尔早更新世的植物组合有一定相似性。

三营组的植物化石有高山栎、黄背栎、灰背栎、匙叶栎、川西栎、矮山栎及几种槭树, 杨树、卵叶荚蒾、冷杉、云南松等。希夏邦马区亦出现高山栎、黄背栎、灰背栎 (两处的孢粉组合亦相似), 其时代均属上新世晚期。这两处的区系组合面貌与兰坪的相似, 其时代无疑也是一致的。若与西藏中部南木林晚中新世的组合比较, 虽然南木林亦出现不少高山栎类

化石,但其中含有不少落叶阔叶植物,种类更为丰富,尤其乌龙组下段出现一些中新世地层常见的种,故在区系组成上还有所区别。

与同一纬度带的其它植物化石组合对比,在克什米尔的下克利瓦组(Lower Karewa)出现较多的高山栎类化石(Puri, 1946),但以叶子边缘具刺状齿的类型为多。其它在地中海沿岸的保加利亚的上新世植物群中,仅少数种和高山栎类近似。还有法国南部坎塔尔的上新统植物群出现有*Quercus ruber*类似于高山栎类。这说明在同一纬度带,地层时代接近的植物群中均有高山栎类出现,正表明该类植物在新第三纪时曾广泛分布。

福东村产植物化石层位的时代属上新世的晚期,根据如下:

1. 兰坪产化石层位的岩性为一套蓝灰、灰、紫灰色泥岩,上部粉砂岩,下部炭质页岩;洱源三营组岩性亦是一套浅灰绿、灰黄、粉红色等半固结的粉砂岩和粘土岩,两处岩性极相似。

2. 植物区系组合的优势植物与三营组相似,均以高山栎类为主。若与剑川双河组中新世植物区系比较,缺少绝灭属*Dryophyllum*, *Sassafras*等,尚未表现出兰坪植物化石组合的古老性特征。若与横断山南部的腾冲、临沧的新第三纪植物群比较,后者明显代表亚热带南部的常绿阔叶林特征。

3. 出现的植物化石种类与现在生存种相似。唯一区别在兰坪植物化石的叶缘大多为全缘型。由于当时该区海拔较现在低、气候更为暖而湿润。

1964年发现的希夏邦马区高山栎化石层,对阐明喜马拉雅的抬升活动具有重要意义。现在又在横断山区中段发现这类化石,除了反映该区新第三纪时期的植物区系特征外,也说明横断山区虽是比较喜马拉雅更早出现的山系,而仍然受着喜马拉雅抬升活动的影响,这种抬升活动大大弱于喜马拉雅山地区。

## 四、种的描述

由于篇幅所限,此前有过化石描述记载的种不在此重述,仅少数需补充的种外,均为新记载或新描述。

壳斗科Fagaceae

栎属*Quercus*

川滇高山栎(*Quercus aquifolioides* Rehd et Wils)

(图版11,图14)

叶椭圆形,长约7厘米,宽3.1厘米,顶端(未保存)钝圆,基部微收缩呈浅心形或钝圆,叶边全缘。中脉直,粗壮;侧脉约8对,亚对生,整齐,约以45°—50°角从中脉生出;三次脉整齐及顶。

讨论:从叶形和脉序特征与现代种川滇高山栎近似,仅现代种的叶缘多具齿,少数全缘。当前化石为全缘叶,叶形较现代种更大。

此种为常绿乔木,分布在滇西北海拔2300—3200米的混交林中。

披针叶栎(新种)(*Quercus lancefolia* sp. nov Tao)

(图版12,图1—5)

叶披针形,长约3.8—4.3厘米,宽1.3—1.5厘米,顶端钝,基部渐变狭,叶边全缘。中脉微弯曲,近顶处微折曲;侧脉9—10对,以40°—50°角从中脉生出,两侧夹角微不等,侧

脉在达叶缘2/3处分叉，侧脉间距相等；三次脉整齐及顶。

讨论：该种叶呈披针形，特征较稳定，标本数量亦不少，和现代高山栎类在叶形上明显不同。

兰坪栎（新种）(*Quercus lanpingensis* sp. nov. Tao)

（图版11，图13；图版12，图13—15）

叶近圆卵形（长宽近相等），叶前部略宽，长2—2.6厘米，宽1.9—2.2厘米，顶端圆形，基部钝圆，叶边全缘，反卷状。中脉前端呈折曲状，顶端分叉；侧脉5—7对，约以50°角从中脉生出，个别夹角小至40°，仅前端4对侧脉分支，至叶缘渐消失；三次脉与侧脉垂直。

讨论：当前叶形特殊呈近圆形，叶前部略宽于基部，与该类群的生存种不同，叶质地属常绿革质。

偏叶栎（新种）(*Quercus obliquifolia* sp. nov. Tao)

（图版11，图15）

1973 *Quercus spathulata* Seem 陶君容、孔昭宸121—122页，图版II、图13。

叶卵椭圆形，长4.3厘米，宽1.8厘米，顶端缺失，基部呈明显的不正心形，一侧成垂耳状，叶边全缘。中脉中等粗细，前部微折曲；侧脉8—9对，两侧夹角不等，一侧约30°，一侧约50°，侧脉常具分支。

讨论：该种叶形和高山栎 *Q. semicarpifolia* 近似，但叶基呈明显不对称心形，一侧下垂成耳状，中脉两侧夹角不等，叶缘无齿等而有区别，故另定一种。此种与洱源三营组的（陶君容等1973，图版12，图13）标本极相似，应把洱源的这种化石归入此种内。

古帽斗栎（新种）(*Quercus preguyavaefolia* sp. nov. Tao)

（图版11，图4—8；图版13，图1—2，5，7）

叶倒卵形或倒卵椭圆形，长3.8—5厘米，宽2.3—2.7厘米，顶端圆，基部渐收缩，两侧略不等，叶边全缘，微反卷状。中脉粗壮，呈之字形折曲，顶端分叉，侧脉8—9对，以60°—70°角从中脉生出，近基部的2—3对脉距离较近，其余等距，在叶前部的4—5对侧脉常在1/2处分支，分支末端在叶缘渐消失；三次脉明显与侧脉垂直，平行整齐。

讨论：当前化石的叶形与现在分布于云南大理、丽江、中甸、德钦等地海拔2500—3200米山地云杉林下的帽斗栎近似，主要区别在帽斗栎的叶多为长椭圆形或卵状椭圆形，少数倒卵形，叶缘有锯齿等，故另定一种。

匙叶栎 (*Quercus spathulata* Seem)

（图版11，图9—11；图版12，图6—7，19—20；图版13，图3）

叶长椭圆形，叶前部略宽，长约3.5厘米，宽1.8厘米，顶端钝圆，基部微心形，叶边全缘。中脉粗壮，近顶处呈微折曲状，顶端分支；侧脉约9对，偶有在侧脉间出现间脉，侧脉与中脉的夹角40°—60°，两侧微不相等，侧脉末端常分支并互相连接；三次脉与侧脉垂直，间距整齐平行。

讨论：该化石与现代种匙叶栎相似，区别在福东村化石叶形不成明显的匙形，多为长椭圆形，侧脉分支后相互连接而有别。

前矮山栎（新种）(*Quercus premonimotricha* sp. nov. Tao)

（图版12，图9—10，11—12）

叶形较小，椭圆形，长2—2.5厘米，宽约1—1.1厘米，顶端和基部均呈钝圆形，叶边

全缘。中脉微弯，顶端分叉；侧脉约7对，两侧夹角微不等，侧脉分叉后的末端在叶缘渐消失。

讨论：当前化石叶形较小，近似矮山栎，但叶为全缘，侧脉的叉角大及两侧夹角不相等而有区别。

白皮柯（近似种）(*Lithocarpus cf. dealbatus* Rehd)

叶椭圆形披针形，长约5.6厘米，宽约1.8厘米，顶端渐尖，基部楔形，叶边全缘。中脉较粗，微弯；侧脉约9对，以 $35^{\circ}$ — $50^{\circ}$ 角从中脉生出，两侧夹角不等，一侧明显大于另一侧，近叶缘处侧脉向前弧曲环结；三次脉整齐细密，与侧脉成直角生出。

讨论：该种曾出现在腾冲新第三纪植物群中（陶君容，1982），但叶形较大，当前化石的叶形较小，中脉两侧的夹角明显不等而有区别，其它特征相似，故归为一种。此种现常分布在滇西北至中部和东南，常在海拔1300—2700米山地湿润森林中。

豆科 Leguminosae

山绿豆属 *Desmodium*

小叶三点金草（近似种）(*Desmodium cf. microphyllum* (Thunb) Dc)

（图版11，图12）

叶很小，卵圆形，长约0.5厘米，宽约0.35厘米，顶端和基部均圆形，叶边顶部具细的齿。中脉直；侧脉羽状，5对，向前弧曲，与中脉的夹角较小约 $30^{\circ}$ ，偶见侧脉具分支。

讨论：从叶形及脉序特征似豆科的小叶三点金草的小叶。该现代种分布较广，川、黔、滇、两广两湖及安徽、江苏、江西、福建、台湾；国外在中南半岛、印度、澳大利亚和日本也有。生于灌木丛中。

豆科植物未定种 *Phyllites* sp.

叶卵披针形，形小，长约0.6厘米，宽约0.25—0.3厘米，叶顶端未保存，基部渐狭，叶全缘。中脉细直；侧脉羽状，约10对，斜直伸向叶缘，夹角约 $40^{\circ}$ ，两侧微不相等。

## 参 考 文 献

- (1) 中国科学院昆明植物研究所编著，1979；云南植物志，科学出版社，2，328，337—348。
- (2) 中国植被编辑委员会编著，1980，中国植被，科学出版社，363—366。
- (3) 四川植被协作组，1980；四川植被，四川人民出版社，56—57，127—130。
- (4) 吴鲁夫，E. B（中译本），1964，历史植物地理学，科学出版社，36—78。
- (5) 徐仁、陶君容、孙湘君，1973，希夏邦马高山栎化石层的发现及其在植物学和地质学上的意义，植物学报 15（1），103—119。
- (6) 陶君容、孔昭宸，1973，云南洱源三营煤系的植物化石群和孢粉组合，植物学报 15（1）。
- (7) Axelrod, D. I. 1956, Mio-Pliocene floras from west-central Nevada, Geological Sciences XXXIII.
- (8) Axelrod, D. I. 1980, The Neogene Paleobotany of central California, Geological Sciences, 121.
- (9) Chaney, R. W and D. I. Axelrod. 1959, Miocene floras of the Columbia Plateau, Carnegie Inst. Wash. Public. 617, Washington, D. C. P. 165—168.
- (10) Graham, A. 1975, Late Cenozoic evolution to tropical lowland vegetation in Veracruz, Mexico. Evolution 29: 723—735.
- (11) Oliver, E. 1934 (1936), A Miocene flora from the Blue Mountains, Oregon.
- (12) Puri, G. S. 1945, The Genus *Quercus* in the Karewa deposits of Kashmir, with remarks on the oak forests of Kashmir valley during the Pleistocene. Proceedings of the India Academy of Sciences, 22 (4), sec. B. p. 232—256.

## 图版 11

- 1-2. 云杉 (未定种) *Picea* sp. 标本号: 52799.  
 3. 松 (未定种) *Pinus* sp. 标本号: 52788  
 4-8. 古帽斗栎 *Quercus preguyavaefolia* 标本号: 52846, 52770, 52872, 52793, 52805.  
 9-11. 匙叶栎 *Quercus spathulata* 标本号: 52749, 52820, 52860.  
 12. 小叶三点金草 *Desmodium microphyllum* ( $\times 5$ ) 标本号: 52826.  
 13. 兰坪栎 *Quercus lanpingensis* 标本号: 52831.  
 14. 川滇高山栎 *Quercus aquifolioides* 标本号: 52787.  
 15. 偏叶栎 *Quercus obliquifolia* 标本号: 52874.  
 16. 栎 (未定种) *Quercus* sp. 标本号: 52871.

## 图版 12

- 1-5. 披针叶栎 *Quercus lancefolia* 标本号: 52812, 52807, 52809, 52859, 52869.  
 6-7. 匙叶栎 *Quercus spathulata* 标本号: 52833, 52783.  
 8-9, 11-12. 前矮山栎 *Quercus premonimotricha* 标本号: 52840, 52798, 52810.  
 10. 松 (未定种) (种子) *Pinus* sp. 标本号: 52868.  
 13-15. 兰坪栎 *Quercus lanpingensis* 标本号: 52771a-b, 52851.  
 16-18. 黄背栎 *Quercus pannosa* 标本号: 52745, 52762, 52819.  
 19-20. 匙叶栎 *Quercus spathulata* 标本号: 52836, 52794b.

## 图版 13

- 1-2. 古帽斗栎 *Quercus preguyavaefolia* 标本号: 52872, 52782.  
 3. 匙叶栎 *Quercus spathulata* 标本号: 52802 a-b.  
 4. 灰背栎 *Quercus senescens* 标本号: 52839.  
 6. 黄背栎 *Quercus pannosa* 标本号: 52863.  
 5, 7. 古帽斗栎 *Quercus preguyavaefolia* 标本号: 52804, 52795.  
 11. 松 (未定种) *Pinus* sp. 标本号: 52780.  
 8-9. 黄背栎 *Quercus pannosa* 标本号: 52819, 52842.  
 10. 川西栎 *Quercus gilliana* 标本号: 52762.  
 12, 13. 矮山栎 *Quercus monimotricha* 标本号: 53055, 53007.  
 14. 叶部化石 *Phyllites* 标本号: 52797.  
 15. 叶部化石 *Phyllites* 标本号: 52855.  
 16-17. 栎 (未定种) *Quercus* sp. 标本号: 52752, 52769.  
 18. 白皮柯 *Lithocarpus dealbata* 标本号: 52779.  
 19. 栎 (未定种) *Quercus* sp. 标本号: 52750.

注: 所有图版除注明放大倍数外, 全部为原大。标本均存放在中国科学院植物研究所古植物室的标本馆

## NEOGENE FLORA OF LANPIN AND ITS SIGNIFICANCE IN MIDDLE WATERSHED OF SELWEEN-MEKONG-YANTZE RIVERS

Tao Junrong

Institute of Botany, Academia Sinica

### Abstract

The fossil plants were collected from Fu Dong village in Lanpin County of northwestern Yunnan in 1981. The fossil-bearing beds are of yellow-grey, yellow-



white thin sandstones combined with grey and black mud stones. In the beds are preserved fossil plants, which mainly consisted of high-mountain oaks (*Quercus semicarpifolia*). The age of fossil-bearing beds is of Pliocene, similar to shanyin Formation of Erhuan.

More than 120 fossil plant specimens were collected and identified to be of 17 species, containing 2 species of Gymnosperms, while the rest were Angiosperms. The fossil flora was composed of more than ten species, most of which belonged to *Quercus semicarpifolia*. From the shape of the leaves they all seem to belong to evergreen and coriaceous. The leaves are middle-sized or small, with entire margin. This indicated that a warmer and more humid climate existed in the period of deposition.

The distribution of living oaks of the world are concentrated in four localities of Eurasia and north American continent. Judging from records of fossils of the Tertiary, the present distribution of oaks is not far removed from their distribution during fossilization. From this it may be speculated that *Quercus* genus appeared comparatively late in the geological times. The species divergence was not apparent until the Tethys retreated while the land uplifted in late Neogene. Then species similar to the living oaks--*Quercus lix* started to migrate through Europe towards east Asia. Strong uplift took place during late Neogene that the Himalayan ranges developed into an area with variant types of landform, climate and soil. The plant habitats also varied. Therefore, accelerated evolution took place among the oaks, which had strong adaptability. At present this is the main area distributed with *Quercus semicarpifolia* in southwestern Asia.

## 9. 四川理塘始新统热鲁组化石植物群 特征及按属的历史

郭双兴

(中国科学院南京地质古生物研究所)

### 一、始新统热鲁组化石植物群特征

1978年笔者收到四川省地质局区域地质调查队采自四川理塘热鲁村的几块植物化石,因标本保存欠佳,初步鉴定为旱梅(*Palibinia* sp.)和桃金娘科的植物,这些化石代表的地质年代是早第三纪始新世。以前,四川省地质局区域测量队调查理塘热鲁村红层时,因未获化石曾将此地层定为侏罗—白垩纪(四川地质局区域地质调查队,中国科学院南京地质古生物研究所,1982)。

1982年夏,刘耕武、李柏同笔者随中国科学院青藏高原综合科学考察队,前往四川西部横断山区中段进行野外地质考察,在四川省地质局区域地质调查队的支持和协助下,并得到第三分队郑尚琴、杜其良和吴运长同志的配合,共同赴理塘热鲁村详测热鲁剖面,并系统采集植物化石,共获标本308块,现经初步鉴定裸子植物有一属种,*Chamaecyparis* sp.,被子植物有7属10余种,即*Arundo goeppertii*(Münst.) Heer, *Palibinia* spp., *zelkova ungeri* Kovats., *Trapa paulula*(Bell) Brown, *Rhus turcomanica* (Krysht.) Korovin, *Myrtophyllum* spp., 和*Syzygium* spp.。这个植物群同苏联土库曼始新世植物群有些共同的属种,如*Chamaecyparis* sp., *Arundo goeppertii*, *Palibinia* sp. 和*Rhus turcomanica*等。热鲁组植物组合同苏联土库曼 Ер-Ойлан-дуз植物组合更加相似,它们都是以旱梅属(*Palibinia* Korovin, 1932)的种为建群种,前者旱梅属有2—3种,但其标本数量甚多,仅次于*Myrtophyllum* Heer居第二位;后者有6种(Василевская, 1957)。它们的叶相(foliar physiognomy)特征也十分相似,都具小型叶,叶片厚,革质,叶缘常有齿。从这些叶相特征分析,他们代表一种炎热而干旱的气候环境。旱梅属的种目前仅见于始新世地层中,因此,热鲁组植物群应代表始新世。由于*Trapa paulula*出现在美国落基山区古新世的Fort Union组(Brown, 1962),在我国出现于广东三水早始新统埤心组(郭双兴, 1979),所以热鲁组可能是早始新世的沉积。

### 二、按属的地质地理分布

1973年笔者研究珠穆朗玛峰地区日喀则群的植物化石时,曾发现一个保存不完整的具缘内脉(intramarginal veins, festoon)的标本,由于当时手头文献资料不足,便将此标本草率地定为桉树(*Eucalyptus* sp.) (郭双兴, 1975)。

目前,鉴定四川理塘热鲁组植物化石时又发现大量的带形至倒披针形的叶,并有明显的缘内脉的叶化石。它们是不是桉属的叶呢?近来,又看到耿国仓和陶君容(1982),陈明洪、孔昭宸和陈晔(1983)在西藏南部和四川西部发现桉属化石的报导,他们并根据这些桉属化石做些分析和推论,认为桉树是北半球起源的。

据目前不完全统计,自十九世纪后半期至本世纪早期,共有15人发表过30多篇文章记载了北半球白垩纪和第三纪的桉属达60余种 (Schimper, 1874, Jongmans, 1908-1913, Knowlton, 1898, 1919, LaMotte, 1944, 1952)。1915年Berry论述桃金娘科的起源和分布时,肯定了北半球桉属的存在。他写道,“关于欧洲发现的桉属化石,我不能断定 Heer, Unger, Ettingshausen 和其他作者的鉴定都是错误的,从一些作者发表的图看来,一些桉属的果实是令人相信的”。当时,他统计归入桃金娘科的化石有150余种,至少有三分之一被描述为桉属的种,其中的半数种发现于白垩纪地层中。他认为在北美有很好的桉属代表。然而,几年后 Berry (1919) 已经怀疑北半球白垩纪和第三纪发现的桉属植物是可靠的。他说“……我并不认为桉属存在于北美,虽然由于长期建立的习惯和考虑到地层上的应用,我屡次将一些化石归入桉属”。又说“我建议更改,用 Heer 1869年创立的 *Myrtophyllum* 代替那些属级亲缘关系确实不能肯定的桃金娘科的叶化石,特别是那些一般归入桉属的叶化石”。此后,Knowlton (1920, 1923) 又将北美的一、二种植物化石归为桉属,但未说明理由。LaMotte (1944) 编写北美中、新生代植物名录时收集了一些桉属的化石种名。苏联未曾有桉属化石的记载 (Тахтаджян, 1963)。

苏联植物学家吴鲁夫 (Вульф, 1944) 著的《历史植物地理学》(仲崇信等译, 1963) 一书详细地论述世界各地植物区系的历史及地理分布。他仅引用 Irmischer (1922) 的一张桉属化石在世界的分布图,对北半球发现的桉属化石未做任何评论,但对澳大利亚中部下渐新统发现的桉树化石 (*Eucalyptus Kifsonii*, *E. robusta*, *E. longifolia*) 却一一列名,由此可见,澳大利亚发现的桉属化石虽少,但却得到吴鲁夫的重视。在印度,自1821—1970年间,仅在1968年发现一种 *Eucalyptophyllum raoi* Varma (Lakhanpal et al., 1976)。在日本、朝鲜和东南亚一带迄今未见桉属化石的报道。

我国发现的桉属化石是否可靠呢?澳大利亚的古被子植物学家Christophel (1983, 2, 10) 看了化石照片后来信说,桉属的叶片几乎均是披针形的,叶片最宽处在叶片基部,而热鲁组的“桉属”叶片化石最宽处在上部或中部,因此,不象是桉属的叶化石。他认为他们可能是桃金娘科的叶。Wolfe (1983, 1, 12) 来信中说,他非常怀疑北半球白垩纪和第三纪的任何叶化石可归入桉属。他认为确定桉属,甚至桃金娘科的叶化石是很困难的,虽然桃金娘科有环结脉环 (brochidodromous loops) 形成的缘内脉颇为明显,但这并非该科植物独有的特征。北美早第三纪桃金娘科的叶化石现在常常归入番樱桃属 (*Eugenia*), Berry 确定的 *Myrcia* 的化石种,可能也属于番樱桃属。Axelrod (1983, 2, 15) 来信说,热鲁组的叶化石可能与番樱桃属有关系。番樱桃属有600个现代种,主产南美,北美有5个现代种, Axelrod 按照北美的情况将热鲁组的叶化石同番樱桃属比较是容易理解的。

根据上述种种情况,本文将四川理塘热鲁组的不能确定属级亲缘关系的桃金娘科的叶化石归入桃金娘叶属 (*Myrtophyllum* Heer)。

为什么早期的古植物学家把北半球那么多的叶化石鉴定为桉属呢?吴鲁夫 (1944, 中译本 531页) 做了明确地回答。他写道“根据 Unger 和 Ettingshausen 提出的假说,在始新世时,澳洲和欧洲有同样的植物区系,因此得出结论,那时整个地球上都有着同样的植物区系。以后,发现了植物鉴定得不正确 (结论就是在此基础上作出的),因此,全部假说都是错误的”。

南半球桉属的化石发现得不多。澳大利亚始新世地层中曾发现桉属的叶化石碎片, (Chapman, 1921, 1926)。Martin (1973) 在南威尔士的始新世至渐新世地层中发现可疑

的桉属花粉 (Beadle, 1981)。近来, 在澳大利亚南部晚第三纪或更早的沉积中发现桉属的果实 (Lange, 1978, Ambrose et al., 1979) 并在第三纪的类似桉属的叶片上发现一种盖细胞 (lid-cells) 也称油腺帽细胞 (oil gland cap cells)。这些桉属果实化石的发现, 证实南半球第三纪地层中确有桉属化石的存在。

### 三、桉属和桃金娘科的起源

桃金娘科的现代植物有140属, 3000种以上 (Cronquist, 1981, Johnson and Briggs, 1981), 通常分成2或3个亚科, (1)。桃金娘亚科 (Myrtoideae) 具肉质果, 浆果, 广布于全世界, 主产拉丁美洲。(2)。细种亚科 (Leptospermoideae), 具干果, 蒴果。主产大洋洲。(3)。Chamelancioideae, 具坚果, 主产澳大利亚。Beadle (1981) 指出, 桃金娘亚科是最原始的。细种亚科是由它演化而来的。细种亚科的多数属是澳大利亚特有的, 有一些属是澳大利亚起源的, 有几个属显然是澳大利亚起源, 并已向北迁移, 例如桉属到达帝汶岛和菲律宾, 白千层属 (*Melaleuca*) 到达东南亚, 岗松属 (*Paeckea*) 到达中国。据化石资料 and 现代分布, 细种亚科可能由冈瓦纳大陆的具肉质果的桃金娘亚科分化出来的, 在白垩纪的 *Metrosideros* 和 *Leptospermum* 类型中至少有两个谱系被建立起来, 这两个谱系好象代表澳大利亚现代属的大类群。桃金娘科的花粉曾发现于晚白垩世的中赛诺期 (mid-Senonian) (Cronquist, 1981)。Johnson和Briggs (1981) 认为桃金娘科的分布模式是冈瓦纳大陆。Christophel (1983, 2, 10) 来信中也认为整个细种亚科起源于澳大利亚。

研究现代桉属的著作 (Beadle, 1981) 中论及, 桉属现代种有450—800种, 几乎全分布于澳大利亚, 有7种产澳大利亚及其以北的岛屿上, 其中2种产澳大利亚以外地区。我国的桉树全是引种的。

桉树的先驱尚不清楚。与桉属植物最密切的植物是 *Metrosideros* 属, 它发现于新西兰早第三纪, 有可能是桉属的祖先。桉属同桃金娘科的几个属均有关系, 有些桉属植物的叶片排列, 脉序和花序同桃金娘亚科及某些细种亚科相似。特别是同 *Angophora* 和 *Metrosidero* 相似。桉属可能是多系起源的 (Beadle, 1981)。

综上所述, 四川理塘热鲁组植物化石群同苏联土库曼始新世植物群的特征十分相似, 同是代表炎热而干旱的气候环境, 热鲁组地质时代可能属早始新世、北半球白垩纪和第三纪地层中发现的桉属化石是很值得怀疑的, 与桉属亲缘关系密切的一些属的化石及其现代分布, 几乎均限于冈瓦纳大陆, 因此, 桉属的起源很可能是在南半球。

### 参 考 文 献

- (1) 四川省地质局区域地质调查队、中国科学院南京地质古生物研究所, 1982, 川西藏东地区地质与古生物, 第一册, 四川人民出版社。
- (2) 吴鲁夫, E. B., 1944 (仲崇信等译, 1963), 历史植物地理学。科学出版社。
- (3) 郭双兴, 1975, 珠穆朗玛峰地区日喀则群的植物化石, 珠穆朗玛峰地区科学考察报告 (1966—1968), 古生物, 第一分册, 科学出版社。
- (4) 郭双兴, 1979, 两广南部晚白垩世和早第三纪植物群及其地层意义, 载《华南中、新生代红层》, 科学出版社。
- (5) 耿国仓、陶君容, 1982, 西藏第三纪植物的研究。载《西藏古生物》, 第五分册。科学出版社。
- (6) 陈明洪、孔昭宸、陈晔, 1983, 川西高原老第三纪植物群的发现及其意义。植物学报, 26

- (2), 195—196.
- (7) Ambrose, G. J. et al., 1979, *Eucalyptus* fruits in stratigraphic Context in Australia. *Nature*, 280 (5721), 387—389.
- (8) Beadle, N. C. W., 1981, The vegetation of Australia. Cambridge Univ. Press. London-Sydney.
- (9) Berry, E. W., 1915, The origin and distribution of the family Myrtaceae. *Bot. Gaz.*, 59 (6), 484—490.
- (10) Berry, E. W., 1919, *Eucalyptus* never present in North America. *Science*, 49, 91—92.
- (11) Brown, R. W., 1962, Paleocene flora of the Rocky Mountains and Great Plains. *U. S. Geol. Surv. Prof. Paper*, 375, 1—119.
- (12) Chapman, F., 1921, A sketch of the geological history of Australian plants: The Cainozoic flora. *Vict. Nat.*, 37, 115—133.
- (13) Chapman, F., 1926, The fossil *Eucalyptus* record. *Vict. Nat.*, 42, 229—231.
- (14) Cronquist, A., 1981, An integrated system of classification of flowering plants. Columbia Univ. Press. New York.
- (15) Johnson, L. A. S. and Briggs, B. G., 1981, Three old southern families—Myrtaceae, Proteaceae and Restionaceae. In A. Keast (ed.), Ecological Biogeography of Australia. All rights reserved. Dr. W. Junk by Publ. The Hague-Boston-London.
- (16) Jongmans, W. J., 1908—1913, Die Palaeobotanische Litteratur. Bd. 1—3, Jena, Verlag von Gustav Fischer.
- (17) Knowlton, F. H., 1898, A catalogue of the Cretaceous and Tertiary plants of North America. *U. S. Geol. Surv. Bull.*, 152, 1—247.
- (18) Knowlton, F. H., 1919, A catalogue of the Mesozoic and Cenozoic plants of North America. *U. S. Geol. Surv. Bull.*, 696, 1—815.
- (19) Knowlton, F. H., 1920, A dicotyledonous flora in the type section of the Morrison formation. *Amer. Jour. Sci.*, 4th ser., 40, 189—194.
- (20) Knowlton, F. H., 1923, Revision of the flora of the Green River formation with descriptions of new species. *U.S. Geol. Surv. Prof. Paper*, 131, 133—182.
- (21) Lakhanpal, R. N. et al., 1976, A catalogue of Indian fossil plants covering all available records from 1821 to 1970. B. Sahni Inst. Palaeobot., Lucknow.
- (22) LaMotte, R. S., 1944, Supplement to catalogue of Mesozoic and Cenozoic plants of North America 1919—1937. *U. S. Geol. Surv. Bull.* 924, 1—330.
- (23) LaMotte, R. S., 1952, Catalogue to the Cenozoic plants of North America through 1950. *U. S. Geol. Soc. Amer. Mem.* 51, 1—381.
- (24) Lange, R. T., 1978, Carpological evidence for fossil *Eucalyptus* and other Leptospermeae (Subfamily Leptospermoideae of Myrtaceae) from a Tertiary deposit in the South Australian arid zone. *Aust. Jour. Bot.*, 26, 221—233.
- (25) Lange, R. T., 1980, Evidence of lid-cells and host-specific microfungi in the search for Tertiary *Eucalyptus*. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 29, 29—33.
- (26) Martin, H. A., 1973, The palynology of some Tertiary and Pleistocene deposits, Lachlan, River Valley, New South Wales. *Aust. Jour. Bot. Supplementary Series*, Supplement 6, 1—57.
- (27) Schimper, W. P., 1874, *Traité de paléontologie végétale ou la flore du monde primitif*. Tom 3, Paris.
- (28) Willis, J. C., 1973, A dictionary of the flowering plants and ferns. Cambridge Univ. Press.
- (29) Василевская, Н. Д., 1957, Эоценовая Флора Бадхиза в Туркмении. В "Сборник памяти А. Н. Криштофовича". Изд. Акад. Наука СССР. Москва-Ленинград. СТР. 103—175, ТаБл. 1—7.
- (30) Коровин, Е. П., 1932, Новый Третичный тип Семейства Proteaceae из Сред-

AN EOCENE FLORA FROM THE RELU FORMATION IN LITANG  
COUNTY OF SICHUAN AND THE HISTORY OF EUCALYPTUS

GUO SHUANGXIN

Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica

Abstract

In 1978 only a few fossils of leaf fragments belonging to *Palibinia* sp. and Myrtaceae were found by the author from the Relu formation in Litang county of Western Sichuan province.

Today, much more fossils from the same formation and the same locality were collected by Zheng Shangqin, Du Qiliang and Wu Yunchang of the Geological prospecting Party of Sichuan Geological Bureau and the author in the summer of 1982. The fossils consist mainly of *Chamaecyparis* sp., *Arundo geoppertii* (Munst.) Heer, *Palibinia* spp., *Zelkova ungeri* Kovats., *Trapa paulula* (Bell) Brown, *Rhus turcomanica* (Krysht.) Korovin, *Syzygium* spp., and *Myrtophyllum* spp.. In composition, this flora is quite similar to the Eocene flora in Turkmen of the Soviet Union. It is characterized by microphyllous and coriaceous leaves with teeth margins except those of *Myrtophyllum* spp.. The geological age of the flora is probably of Early Eocene.

Recently, some fossil species of *Eucalyptus* were found in the Xizang Plateau and from the Relu formation in Litang county of Sichuan by some Chinese palaeobotanists. After reviewing the papers dealing with *Eucalyptus* in the past, however, the author has serious doubt about the discovery of fossil *Eucalyptus* in China. Berry (1919) said, "I may say that I do not regard the genus (*Eucalyptus*) as ever having been present in North America," and said again "The alternative that I suggest is the taking up of the genus *Myrtophyllum* proposed by Heer in 1869 and using it for leaves of Myrtaceae whose generic relations can not be determined with certainty, and more especially for the leaves commonly referred to the genus *Eucalyptus*".

Some fruits of fossil *Eucalyptus* were recently recorded from Australia by Lange in 1978 and Ambrose and others in 1979. These evidences can well explain that the *Eucalyptus* originated in Gondwanaland (Beadle, 1981, Johnson and Briggs, 1981).

I am very grateful to Dr. Jack A. Wolfe, Dr. Daniel I. Axelrod and Dr. David C. Christophel for their letters which informed me of the history of *Eucalyptus*.

## 10. 四川理塘木拉组植物化石及古气候、古地理的探讨

陈明洪 孔昭宸 陈 晔

(中国科学院植物研究所)

### 一、化石产地的地理和地质概况

理塘木拉组剖面位于理塘县东南，木拉区下木拉乡境内。东经  $100^{\circ}40'$ ，北纬  $29^{\circ}06'$ 。根据四川省区域地质调查队巴光进同志提供的资料和野外采集记录，木拉组共分18层，厚度约300余米。

第1层砾石层。

第2层炭质泥岩、劣质油页岩、褐煤互层。

第3层灰色粘土、粉砂质粘土层（含针叶植物化石）。

第4层粉砂质粘土（富含菱角化石）。

第5层泥质粉砂岩、炭质粉砂岩（含针叶及菱角化石）。

第6层灰褐色炭质粉砂岩、褐煤、褐色泥岩互层（含菱角碎片和植物碎片）。

第7层砖红色粉砂岩、黄色粉砂岩（砖红色粉砂岩中含大量小叶化石）。

第8层粘土层、粉砂岩夹细砾。

第9层炭质粉砂岩、灰色粘土、褐煤互层（顶部黄色粉砂岩见小叶化石）。

第10层褐煤、灰色粘土岩（含植物碎片）。

第11层灰色粉砂质泥岩、褐煤（见针叶和菱角碎片）。

第12层灰黄色泥岩、灰褐色炭质泥岩、粉砂岩互层（见植物碎片）。

第13层灰色粘土、炭质粉砂岩、褐煤互层（含针叶、种鳞、种子和被子植物小叶化石）。

第14层粉砂质泥岩（含菱角、植物碎片和小叶化石）。

第15层灰白色泥岩（含针叶、菱角化石）。

第16层粉砂质泥岩（含针叶和种子化石）。

第17层粉砂质泥岩（含针叶化石）。

第18层黄白色粉砂、上部为褐煤、灰棕、灰黄色粘土（含植物碎片）。

川西上第三纪以白玉县昌台剖面为代表，建立昌台群；松潘马拉墩剖面，进一步划分为下部马拉墩组和上部红土坡组。木拉组相当于马拉墩组。红土坡组与下伏马拉墩组之间为平行不整合或微角度不整合。马拉墩组与下伏三迭系则为区域性角度不整合。

化石产地海拔3800—3900米，地势平缓。主要森林植被为云杉林，以及次生杨、桦等。云杉林内星散分布有落叶松。

植物化石主要采自木拉组第4层、第7层、第13层。

### 二、植物化石描述

鳞皮冷杉（比较种）*Abies cf. squamata* Mast. 种鳞近肾形，长1.2厘米，宽



1.6厘米。叶条形，宽约0.2厘米，中脉明显。

化石标本和鳞皮冷杉 *Abies squamata* Mast. 的种鳞大小和形状极为相似。叶也近似。可能为同种。化石标本（种鳞）与岷江冷杉 *Abies faxoniana* Rehd. et Wils. 中甸冷杉 *Abies ferreana* Borderes-Roy et Gaussen 亦接近，但因形状不为扇状或肾状四边形而有所区别。

鳞皮冷杉，为我国特有树种，分布于四川西部及西北部，青海南部与西藏东南部的高山上部。在海拔3500—4000米，气候干冷，年降雨量约700毫米地带，形成大面积纯林，或与川西云杉、红杉等组成混交林。

产地及层位：四川理塘下木拉、木拉组。

岷江冷杉（比较种） *Abies cf. faxoniana* Rehd. et Wils.

在木拉组共采到此类型种鳞化石5枚。种鳞扇状四边形或肾状四边形，长约1.5厘米，宽1.7—1.9厘米。

化石标本和岷江冷杉 *Abies faxoniana* 的种鳞大小、形状较为相似。另外与中甸冷杉 *Abies ferreana* 的种鳞也很接近。仅据种鳞的大小来区别这两种冷杉是有困难的。但是化石标本为肾状四边形更近似于岷江冷杉。

岷江冷杉和中甸冷杉均为我国特有树种。岷江冷杉分布于甘肅南部洮河流域及白龙江流域，四川岷江流域上游及大小金川流域以及康定折多山的东坡等海拔2700—3900米高山地带。以岷江支流杂谷脑河上游海拔3200—3700米各山谷中分布最多，形成茂密的纯林。中甸冷杉分布于云南西北部，四川西南部海拔3300—3800米高山地带。组成纯林或与其他针叶树组成混交林。

产地及层位：四川理塘下木拉、木拉组。

冷杉（未定种） *Abies* sp.

叶化石条形，宽约0.2厘米，中脉明显。

丽江云杉（比较种） *Picea cf. likiangensis* (Franch.) Pritz.

共采到形态相似的云杉翅果化石9枚。种子卵圆形，种翅倒卵状椭圆形或微斜倒卵状椭圆形。翅果长0.8厘米，翅宽约0.3厘米。

通过与中国植物志第七卷所列丽江云杉组2种和4个变种的翅果进行比较表明，丽江云杉和紫果云杉 *Picea purpurea* Mast. 在形态有明显区别。然而丽江云杉各变种之间区别甚微。9号翅果化石标本，其中6号更近似于川西云杉，3号标本与丽江云杉更相似。笔者鉴定过程中也曾试图将这些化石标本分为两个变种，但其区别甚微，未作这样处理。最后将这些化石标本统归入丽江云杉（比较种） *Picea cf. likiangensis* (Franch.) Pritz.

产地及层位：四川理塘下木拉、木拉组。

紫果云杉（比较种） *Picea cf. purpurea* Mast.

翅果长0.9厘米，宽0.4厘米。种子卵圆形，长0.3厘米，直径0.2厘米。种翅呈斜卵形或斜三角卵形。

化石标本与紫果云杉 *Picea purpurea* Mast. 的翅果无论大小和形状都很相似。而与丽江云杉（比较种） *Picea cf. likiangensis* (Franch.) Pritz. 的果翅显著不同。

紫果云杉为我国特有树种，分布于四川西北部；甘肃榆中及洮河流域；青海西倾山北坡。常在海拔2600—3800米，气候温凉，山地棕壤土地带组成纯林或与岷江冷杉、云杉、红杉等针叶树组成混交林。



产地及层位：四川理塘下木拉、木拉组。

云杉（未定种）*Picea* spp.

木拉组第13层含大量针叶印痕化石，多数为云杉叶子印痕。印痕肋偏向一侧，与冷杉或铁杉小叶的中脉显然不同。小叶菱状条形，通常长0.6—1.5厘米，宽0.1—0.15厘米，直或微呈镰状弯曲。叶基部印痕为菱形或扁四棱形。

对于大量的叶子印痕化石，笔者认为从特征看属云杉无疑。但仅根据叶子印痕无法确定其归属，因此只能作一复合种群处理。

产地及层位：四川理塘下木拉、木拉组。

红杉（未定种）*Larix* sp.

翅果长0.9厘米，宽0.35厘米。种子倒卵形，长0.3厘米，直径0.2厘米。果翅条形，顶部微向下偏斜，顶端圆钝。

叶窄条形，微弯曲。中脉明显，长1—1.5厘米，宽约0.1厘米。

化石标本与红杉*Larix potaninii* Batalin var. *potaninii*, 四川红杉*Larix mastersiana* Rehd. et Wils. 的翅果在大小、形状等特征比较近似。

红杉、四川红杉为我国特有树种。红杉分布于甘肃南部，四川岷江流域上游、大小金川流域、道孚、乾宁至康定等地。在海拔2500米至4000米常与鳞皮冷杉、川西云杉等阴性针叶树种组成混交林；在海拔3800—4000米地段，常有纯林分布。四川红杉主要分布于四川西北部，历经采伐，现已稀少。

产地及层位：四川理塘下木拉、木拉组。

铁杉（未定种）*Tsuga* sp.

球果卵状椭圆形，长约2厘米，直径1.2厘米。小枝细弱，具明显的螺旋状排列的叶枕印痕。冬芽近圆球形，直径0.3—0.4厘米。叶披针状条形，宽约0.1厘米，中脉明显。

球果和小枝化石标本，其形态与云南铁杉*Tsuga dumosa* (D. Don.) Eichler、铁杉*Tsuga chinensis* Pritz. 相似。与丽江铁杉*Tsuga forrestii* Downie 也较相似。但丽江铁杉球果较大，呈长卵形。

云南铁杉分布于西藏南部，云南西北、东北及西部，四川西南部，大渡河流域，岷江流域上游，青衣江流域及马边河流域。常在2300—3500米高山地带形成纯林或与其它针叶树组成混交林。铁杉分布于甘肃白龙江流域，陕西南部，河南西部，湖北西部，四川东北部及岷江流域上游，大小金川流域下游和贵州西北部海拔1200—3200米地带。在四川西部峨边、泸定、天全等地尚有大面积的森林，常在海拔2000—3000米之间与云南铁杉、麦吊云杉、油麦吊云杉、冷杉组成混交林。

产地及层位：四川理塘下木拉、木拉组。

小叶栒子（比较种）*Cotoneaster* cf. *microphyllum* Wall.

小叶椭圆形，边缘全缘，长约1厘米，宽0.5厘米，顶端钝圆，基部缺失，可能为宽楔形。中脉细，在叶上面微下陷。侧脉羽状，不整齐，在叶上面微下陷，大约以30—40°角自中脉分出，在近叶缘与三次脉结成不规则的环网。三次脉无定向，结网不规则。

化石标本就叶形、大小、脉序等特征与小叶栒子*Cotoneaster microphyllum* Wall. 的小叶很相似。

小叶栒子分布于四川、云南、西藏；印度、缅甸、不丹也有。生于海拔2500—4100米的山坡或灌木丛中。

产地及层位：四川理塘下木拉、木拉组。

高山绣线菊 *Spiraea alpina* Turcz.

小叶条状披针形，全缘。长0.9厘米，宽0.2厘米。顶端急尖，基部楔形，微不对称。脉序在叶背面突起。中脉细，微曲到达叶顶。侧脉羽状，互生，微曲向上。三次脉无定向，结网不规则。

化石标本与现分布于陕西、甘肃、青海、四川、西藏，海拔2000—4000米的高山绣线菊 *Spiraea alpina* Turcz. 的小叶特征一致。

产地及层位：四川理塘下木拉、木拉组。

密枝杜鹃（比较种） *Rhododendron cf. fastigiatum* Franch.

叶革质，长椭圆形，长0.9厘米，宽近0.4厘米。顶端钝圆，基部圆楔形。叶缘微反卷。羽状脉序不清楚。

化石标本与密枝杜鹃 *Rhododendron fastigiatum* Franch. 的小叶在形状、大小、质地等方面均较相似。

小叶化石大量保存在木拉组第7层中。叶革质，边缘微反卷。长不超过1厘米，宽达0.5厘米。新出露的化石标本可见叶背有鳞状附属物。由于岩性松软、颗粒较粗，致使化石因受摩擦保存较差。这些小叶大小、形状、质地及叶缘等特征与黑鳞杜鹃 *Rhododendron nigropunctatum* Bur. et Franch. 密枝杜鹃 *Rhododendron fastigiatum* Franch.、紫丁杜鹃 *Rhododendron violaceum* Rehd. et Wils. 等现今分布于该地区的各种小叶型杜鹃相似。除杜鹃以外，可能尚有柳的小叶保存，共同形成了以各种杜鹃为主的高山灌丛植被。

产地及层位：四川理塘下木拉、木拉组。

菱（未定种） *Trapa* spp.

坚果连角宽2—4厘米，高1—2厘米。角4或2，针刺状或长刺状或顶端圆钝，平展或向上成钝角或向下反曲。有两号标本除具角外尚有瘤状突起。

木拉组4、5、6、11、14、15各层均含菱角果实化石。尤其是第4、5层，含量极多，保存亦好。在其他层位，从下至上菱角化石含量有递减的趋势。

菱属广布于东半球，据现有记载，我国约有5种，全国均产之。近年来，实际收集到的现代标本，远不止5种。尤其是海拔3700米以上的木拉组大量发现菱角化石，对于深入研究该属植物有其重要意义。

产地及层位：四川理塘下木拉、木拉组。

豆科荚果

在木拉组第4层尚发现有一个未成熟的豆荚化石。长约1厘米，宽0.15厘米。萼杯状。

化石标本外形与木蓝属 *Indigofera* 和锦鸡儿属 *Caragana* 的一些种的荚果相似。

产地及层位：四川理塘下木拉、木拉组。

### 三、植物组合特征

在木拉组共采集叶子、球果、果实、种子等植物化石标本70余号。分属于6个科，10个属。其中裸子植物有铁杉、丽江云杉（比较种）、紫果云杉、云杉、鳞皮冷杉、岷江冷杉、冷杉、红杉；被子植物中大量出现水生植物菱的果实，其次为高山小叶类型的杜鹃。尚有小

叶栒子（比较种）、高山绣线菊、柳和豆科的荚果等植物化石标本。

按地层层序植物化石组合特征如下：

第4层含大量水生植物菱和喜温湿的铁杉。

第7层以小叶型杜鹃为主，伴生有少量的柳等高山灌丛组合。

第13层以云杉、冷杉为主，伴生有落叶松等为高山寒温性针叶林组合。灌木层有小叶杜鹃、小叶栒子、高山绣线菊等。

根据野外采集记录和三个主要化石层植物组合特征，木拉组呈现出以水生植物菱为主的，与喜温湿的铁杉、高山灌丛、高山寒温性针叶林成互层沉积。除水生植物菱以外，陆生被子植物，无论种属成分或者数量都非常贫乏。而且均为革质或厚纸质的小型叶（长度不超过1厘米，宽仅有0.2—0.4厘米）。在木拉组中除7、8、9、10层未发现菱角化石外，几乎从下至上都有发现，说明菱一直生长在高山湖泊之中，成为木拉组化石组合的典型代表。

木拉组化石植物区系的另一个特征是，几乎未发现一个阔叶乔木树种，全部陆生被子植物所反映的面貌，均为低矮的灌木。森林植被全为针叶树种。呈现出典型的亚热带山地针叶林景观。其植被发展演变大体可分为三个时期，在沉积早期该地区生长着以喜温湿的铁杉为主的温性针叶林；中期森林植被被以杜鹃为主的高山灌丛所代替；中后期及晚期则发育着以云杉、冷杉为主的寒温性针叶林。然而，喜温湿的铁杉，除在早期沉积中发现外，在中、晚期一直未发现。森林植被的演替，由温性针叶林向寒温性针叶林过渡。铁杉林一直未能恢复。

木拉组化石植物区系与该地区现代植物区系比较，由于山体进一步抬升，生态因子发生了明显的变化，水生植物菱的生理、生态习性，不能适应继续上升的海拔高度<sup>(10,13)</sup>。而喜温湿的铁杉，则向邻近的较低海拔迁移，现今以两个群系分布在温暖潮湿的山地上部<sup>(6)</sup>。除菱和铁杉以外，化石中其它种属成分，均能在该地现存的植物中找到它们的对应种或相似种。说明木拉组从沉积中期，已逐渐形成了与今日川西高原植物区系一致的特征。

#### 四、古地理和古气候的探讨

木拉组所发现的化石植物，尽管种类成分较为单纯，但其特征突出。从而对古地理、古气候的探讨，提供了有意义的古植物证据。菱和温性亚高山针叶林、高山灌丛和寒温性亚高山针叶林互层沉积，明确指示出，木拉组的整个沉积时期，该地区为一高山山间湖泊。湖泊中大量生长着水生植物菱。周围山地针叶林非常繁盛。在沉积过程中，由于气候一度变干转冷，森林植被被高山灌丛所代替。后来气温有所回升，降雨量增加，寒温性针叶林得到迅速发展。

普锐（Puri 1946）报道克什米尔早更新世下喀锐瓦层（Lower Karewa）的植物化石<sup>(10,13)</sup>，是一套以常绿阔叶和落叶阔叶为主的针阔叶混交林。属于典型的亚热带低海拔植物区系的分子。显然与木拉组的植物组合面貌迥然不同。克什米尔横跨北纬35°，而木拉组则地处北纬30°以南，却分布着一组温性亚高山针叶林、高山灌丛和寒温性亚高山针叶林，属于典型的亚热带高山和亚高山植物区系成分。另外木拉组中、晚期植物种属成分很似哈乔巴尔和博塔帕思里粘土层的植物区系成分<sup>(8,10)</sup>。从青藏高原东西两翼植物区系成分的差异和相似说明，在上渐世或早更新世青藏高原东翼首先抬升，并上升到了相当的高度，致使植物区系成分出现了明显的差异。只是在早更新世以后，克什米尔地区才上升到了近于同期横断

山脉北段的海拔高度。

现有青藏高原古生物和古气候资料说明<sup>(1,3,5,7)</sup>，直至晚第三纪时，几乎整个西藏甚至昆仑山以南，唐古拉山以北尚分布着亚热带常绿阔叶和落叶阔叶混交林，或亚热带山地针叶、阔叶混交林，尤其是一些喜湿热的分子（如蕨类植物的凤尾蕨、瘤足蕨、水龙骨等；裸子植物的罗汉松、苏铁、雪松等；被子植物的棕榈、山核桃、枫香、芸香、冬青等）在这一地区的分布，说明直到上新世时，整个青藏高原地区，夷平面的海拔高度并不高（有人认为不超过1000米）<sup>(1,5,7,12)</sup>，气候温暖潮湿。然而在它的东缘，纬度更偏低的木拉组，却在同时期出现了亚热带山地温性亚高山针叶林、高山灌丛和寒温性亚高山针叶林。其原因可能是青藏高原东缘首先抬升，在上新世晚期至早更新世时，横断山脉北段已经上升到了相当的高度。这一推测和笔者关于热鲁植物群的讨论结论一致<sup>(14)</sup>。

根据徐仁教授和普锐的结论<sup>(10,13)</sup>，由于菱是一组水生植物，在生理和生态上不能生长在海拔2300米以上的地方。这一结论和木拉组与菱角共存的植物种类组成成分的分布高度，存在一定的差距。在第4层与菱角同时沉积的铁杉，它们的近似种云南铁杉和铁杉，现今分布于川西、滇西北海拔2300—3500米的地段。尽管铁杉的下界可至海拔1200米，但它们在川西海拔2000—3000米之间才形成纯林或与其它针叶树组成混交林。应该注意的是，在这层未见一个阔叶树种的化石。第7层出现的以小叶型杜鹃为主的高山灌丛，现今出现在当地海拔3600—4500米地段。第13层大量出现的云杉、冷杉以及和它们伴生的落叶松等，其对应或相似种丽江云杉、川西云杉、岷江冷杉、鳞皮冷杉，四川红杉、红杉现今在川西地区主要分布在海拔3500米左右的地段。灌木层中的构子、高山绣线菊、杜鹃等也实为今日高山常见分子。综合上述化石植物的现代对应或近似种的分布，我们认为木拉组沉积时期的海拔高度，山间湖盆可能在海拔2500米左右。而周围山体可能已超过海拔3000—3500米。在这种古地理生态环境中，湖水不深，有利于菱的生长，潮湿温暖的山间谷地为温性亚高山针叶林提供了适宜生长的生态地理环境，在湿润温凉的地段生长着寒温性针叶树种，山体上部为高山灌丛。当全球性气候转冷变干旱时，高山灌丛得以发展并向下延伸，代替了森林植被。森林上线向低海拔退却，导致植被类型的改变。

化石产地现今海拔高度为3700—3900米，在本区内，云杉、冷杉、落叶松等针叶树种，成纯林或混交林继续繁衍。当原始针叶林被破坏后，次生落叶阔叶树种与针叶树种常组成混交林。因此，木拉组古植被、古地理和古气候与今日相似。说明自上新世晚期以来，这里上升幅度不大，大约只升高了1000米左右。

关于木拉组沉积时期的古气候，按照植物化石的沉积顺序，大体可分为三个阶段。沉积早期，该地区雨量充沛，气候温暖潮湿，湖面水域宽广，水生植物菱和喜温湿的铁杉生长繁盛；中（前）期，气温一度大幅度下降，降雨量减少，气候干燥，湖水干涸，高山灌丛迅速蔓延和发展，代替了温性亚高山针叶林。所以，在木拉组第7层砖红色粉砂岩中，沉积了一套典型的高山灌丛植被植物化石层。从沉积物堆积的厚度看，干冷气候为时不长。而后（沉积中、晚期）气温回升，降雨量增加，以云杉、冷杉为主的寒温性亚高山针叶林得到发展，取代了高山灌丛植被。水生植物菱再次繁盛。应该指出（只根据大化石材料，有待孢粉资料的证实）喜温湿的铁杉，只在沉积早期出现。后期气温虽然有所回升，雨量相对增加，但铁杉林在该地一直未曾得到恢复。菱角也相对减少，说明木拉组沉积中、晚期气温始终较早期偏低。上述木拉组植物区系的发展演变，所反映的气候变化特征，与上新世晚期气候波动转凉，尤其是进入第四纪全球性气温下降相吻合。

## 五、木拉组的地质时代

近年来有关青藏高原的地质、古生物和古气候的资料积累甚多。从各自领域阐述青藏高原隆起的时代、幅度和形式。从植被看,截至上新世中期,青藏高原地区,大体以昆仑山为界,开始逐渐形成了南北两个植物区。昆仑山以北,为干旱亚热带植物区。主要植被类型为干旱草原和荒漠草原。而昆仑山以南,气候温暖湿润,广泛地分布着亚热带山地森林植被。只是到了上新世晚期,气候才有变干转凉的趋势。这时唐古拉山已经抬升到了相当的高度,呈现出垂直分带十分明显的山地植被景观。

到上新世晚期,喜马拉雅山轴部地区的希夏邦马地区,分布着高山栎、雪松、油杉、杜鹃、铁杉、罗汉松、云杉、桦、桤、山核桃、榆、鹅耳枥等<sup>(9)</sup>;在阿里地区亦有高山栎、雪松、云杉、冷杉、桦、桤木等植物分布,其中云杉较为发育;藏北强巴欠、振泉错、玛尔果茶卡和玛尔盖茶卡则分布着云杉、雪松、铁杉等针叶林,其中云杉占有较大比重<sup>(11)</sup>。另外,云南洱源太平村出露的三营组中,除大化石有高山栎、黄背栎、匙叶栎、川西栎、矮山栎和槭树、杨、冷杉、云南松、卵叶荚蒾以外,从孢粉分析所知,该层还含有大量的雪松和其它针叶树花粉,如冷杉、云南松、云杉、云南铁杉等<sup>(4)</sup>。在唐古拉山—昆仑山晚第三纪、第四纪的孢粉组合中,同样出现类似的植物区系成分<sup>(3)</sup>。上述地区古植物区系成分基本一致,木拉组化石植物区系可与它们的上带比较,其面貌基本相同。

然而从古植物区系比较,木拉组化石植物区系和早更新世克什米尔下喀锐瓦层以及哈乔巴尔和博塔帕里粘土层中的孢粉组合更加一致<sup>(10)</sup>。

在早更新世时,地处木拉组东南的滇东、黔西(云南宣威,贵州盘县)发育着以云杉、冷杉、铁杉、松为主的亚热带山地针叶林<sup>(2)</sup>。然而云杉、冷杉为寒温性针叶树种,现今除滇西北外,在云南大部分地区和贵州,几乎无云杉、冷杉的分布。说明由于进入第四纪,全球性气温下降,云杉、冷杉向低纬度和低海拔地区迁移。这和木拉组沉积中期出现一套典型的高山灌丛植物,所指示的气候完全一致。

木拉组化石植物的种类成分,与现今川西和滇西北所分布的种类成分基本相同,无第三纪孑遗分子和绝灭的类群出现,尤其是沉积中、晚期植被的发展演变,指示着气候由干冷向温凉湿润转变,与早更新世(冰期间冰期)气候状况相吻合。值得注意的是,整个木拉组沉积中,未发现一种常绿或落叶阔叶乔木树种。在全部植物化石中,除菱和铁杉消失外,其他种类尚繁衍至今,说明气候状况和海拔高度已经和今日非常接近。

综合上述古气候和古植物区系的对比分析,木拉组其地质时代应属于上新世晚期至早更新世。虽然这仅仅是一种推测,并未经绝对年龄测定的验证。但木拉组上复地层甲洼组,经地质力学所钱方等人测定的古地磁年龄为140—43.7万年。对于第三纪和第四纪的界限,国内外一直存在分歧,在尚缺乏其它学科确切证据时,我们把木拉组地质时代暂作上新世晚期至早更新世处理,并不失之过晚。

## 参 考 文 献

- (1) 计宏祥等, 1981, 西藏三趾马动物群的首次发现及其对高原隆起的意义, 青藏高原隆起的时代、幅度和形式问题, 科学出版社, 19—25。
- (2) 孔昭宸等, 1977, 滇东、黔西第四纪古植物的发现及其对植物群和古气候的初步探讨。中国第四纪冰川地质文集, 地质出版社, 179—190。

- (3) 孔昭宸等, 1981, 从昆崙山—唐古拉山晚第三纪、第四纪的孢粉组合讨论青藏高原的隆起, 青藏高原隆起的时代、幅度和形式问题, 科学出版社, 78—89。
- (4) 陶君容等, 1973, 云南洱源三营煤系的植物化石群和孢粉组合, 植物学报, 15(1), 120—130。
- (5) 张青松等, 1981, 青藏地区上新世古地理和高原隆起。青藏高原隆起的时代、幅度和形式问题, 科学出版社, 26—39。
- (6) 郑万钧等, 1978, 中国植物志, 第七卷, 科学出版社, 32—196。
- (7) 林振耀等, 1981, 青藏高原隆起前后的气候状况。青藏高原隆起的时代、幅度和形式问题, 科学出版社, 159—166。
- (8) 徐仁, 1958, 克什米尔第四纪第一次间冰期的孢子花粉分析, 中国第四纪研究, 1(1):131。
- (9) —, 1973, 希夏邦马峰高山栎化石层的发现及其在植物学和地质学上的意义。植物学报, 15(1), 103—119。
- (10) —, 1981, 大陆漂移与喜马拉雅山上升的古植物证据, 青藏高原隆起的时代、幅度和形式问题, 科学出版社, 8—18。
- (11) —, 1982, 青藏古植被的演变与青藏高原隆起, 植物分类学报, 20(4) 385—391。
- (12) 李吉钧等, 青藏高原隆起的时代、幅度和形式的探讨, 中国科学, 1979(6)。
- (13) Puri, G. S., 1946, Fossil plants and the Himalayan uplift. The Indian Botanical Society, M. P. Lyengar Commemoration Volume, 167—184。
- (14) 陈明洪等, 1983, 川西高原老第三纪植物群的发现及其意义, 植物学报, 25(2), 195—196。

#### 图 版 14

1. 鳞皮冷杉 *Abies cf. squamata* Mast.
- 2—4. 岷江冷杉 *Abies cf. faxoniana* Rehd. et Wils.
- 5—7. 冷杉 (未定种) *Abies* sp.
- 8—12. 丽江云杉 *Picea cf. likiangensis* (Franch.) Pritz.
- 13, 14. 紫果云杉 *Picea cf. purpurea* Mast.
- 15—19. 云杉 (未定种) *Picea* sp.
- 20—25. 铁杉 (未定种) *Tsuga* sp.
26. 红杉 (未定种) *Larix* sp.
27. 松? (未定种) *Pinus?* sp.
28. 密枝杜鹃 *Rhododendron cf. fastigiatum* Franch.
29. 高山绣线菊 *Spiraea alpina* Turcz.
30. 小叶栒子 *Cotoneaster cf. microphyllum* Wall.
31. 图 1. 铁杉 *Tsuga* sp. 图 2, 豆科荚果。
- 32—42. 菱 *Trapa* sp.

### PLANT FOSSILS FROM MULA FORMATION IN LITANG COUNTY AND THEIR SIGNIFICANCE IN PALAEOGEOGRAPHY AND PALAEOCLIMATE

Chen Minghung Kong Zhaochen Chen Ye

Institute of Botany, Academia Sinica

#### Abstract

Plant fossils were collected from the late Pliocene-early Pleistocene Mula formation in Litang county of western Sichuan. The rock series discovered is mainly composed of mudstone, sandy mudstone, sandstone, siltstone and coal series, with a thickness of about 300m,

From the Mula formation plant fossils of *Tsuga* sp., *Picea* cf. *likiangensis* (Franch.) Pritz., *Picea purpurea* Mast., *Picea* spp., *Abies* cf. *squamata* Mast., *Abies faxoniana* Rehd. et Wils., *Abies* sp., *Larix* sp., *Trapa* spp., *Rhododendron* spp., *Cotoneaster* cf. *Microphyllum* wall., *Spiraea alpina* turcz., *Salix* sp., Leguminosae etc. were obtained. The discovery of this combination indicates that the region at that time belonged to subtropical mountains. Needleleaf evergreen forest and some deciduous conifers were then flourishing there and alpine shrub forest was also thriving once. As a whole, the flora changed from temperate conifers, via alpine shrub forest, to cool-mild coniferous forest. The climate was temperate and rainy in the early stage, cold and dry in the mid stage, mildly cold and moist in mid-late stage.

Because the fossil flora of mid-late stage in Mula formation is similar to present flora of the same locality, the altitude of the region was no less than 2500-3500m. above the sea level during Late Pliocene-early Pleistocene.



# 11. 云南剑川秋木山地区全新世孢粉组合 及对古植被、古气候的讨论

孔昭宸、杜乃秋、高秀林<sup>①</sup>

(中国科学院植物研究所)

黄 兴 根<sup>②</sup>

(国家地震局地震地质大队)

林 茵 汝

(武汉地质学院)

横断山地区作为青藏高原的一部分, 由于受构造运动的影响, 形成高山纵谷, 植被垂直分带明显, 气候差异较大。矿产、水利和生物资源极其丰富。是研究青藏高原的形成、演化及对自然环境与人类活动影响的重要地区。因此选择出露好, 有机物丰富, 并有年龄测定数据的全新世剖面进行系统的孢粉分析, 将有助于阐述横断山脉近期历史、植被的发展、植物区系的组成和演化。

## 一、剑川盆地自然环境

剑川盆地是横断山脉中段一个山间断陷盆地。盆底海拔2200米。东部主要由古生代地层及喜山期岩浆岩组成的山地; 西部主要由新生代地层及岩浆岩组成的山地; 西北部是含多层烟煤及较丰富植物化石的煤系地层, 时代为中新生晚期<sup>(6)</sup>。剑川以南, 洱源、三营、牛街一带分布有含多层褐煤及丰富植物化石的煤系地层, 时代为上新世晚期<sup>(5)</sup>。盆地在第三纪末逐步形成, 第四纪广泛接受沉积, 沉积厚度达500米左右。沉积中心位于现在盆地西侧西湖一带。全新统地层厚约10—20米, 广布盆地及四周山麓。盆地内气候夏季温凉、潮湿, 冬季暖而干燥。属亚热带季风性气候。年降水量在730.9毫米左右。植被分区应属亚热带常绿阔叶林区, 但因盆地周围丘陵、低山、中山广布, 植被垂直分布显著, 组成滇西高山纵谷, 具有铁杉、冷杉垂直分布林区。大面积分布的是云南松林<sup>(1)</sup>。本区植被总的反映出温凉、半湿润的气候环境。除山地残留有很少的原生植被外, 盆地内破坏殆尽, 已为栽培植被所代替。

## 二、秋木山剖面孢粉组合特征及对环境分析

剑川盆地南隅秋木山北麓, 揭示了4.6米深的全新世柱状剖面。依据岩性特征可分18层, 共采19块孢粉样品。经实验室分析, 从№1—№9和№18等8块样品中分析出数量多、保存较好的孢粉(图版I、II)。整个剖面统计孢粉共3500余粒, 经详细鉴定分属于52个科属(表1)<sup>③</sup>。

乔木植物中主要有松、冷杉、桦、赤杨、栎, 其次有铁杉、云杉、榆、栗和胡桃。灌木主要由杜鹃、蔷薇、忍冬等组成。草本植物有蒿、蓼、菊科、藜科、禾本科、石竹科、伞形花科。蕨类孢子含量较高, 但类型简单, 主要由属于水龙骨、骨碎补、鳞毛蕨等光壁或具瘤状

① 作者现在工作单位: 天津师范大学地理学系

② 作者现在工作单位: 云南地震地质大队

③ 表1见本书末



纹饰的单缝孢所组成，其次还有少量的膜蕨、凤尾蕨、紫萁、瓶儿小草等。水生、沼生植物花粉和藻类植物孢子在某些层段较为丰富，主要是生长在湖泊边缘，或水体较浅、流速不大河湾中的狐尾藻 (*Myriophyllum*)、香蒲 (*Typha*) 和双星藻 (*Zygnema*) 等。尽管某些样品孢粉较少或未分析出孢粉，但根据11块样品的孢粉统计结果，选择出了12种主要孢粉类型，作出孢粉图式，并从下至上粗略分为4个孢粉组合带，能大体反映出该地植被发展和环境变化。

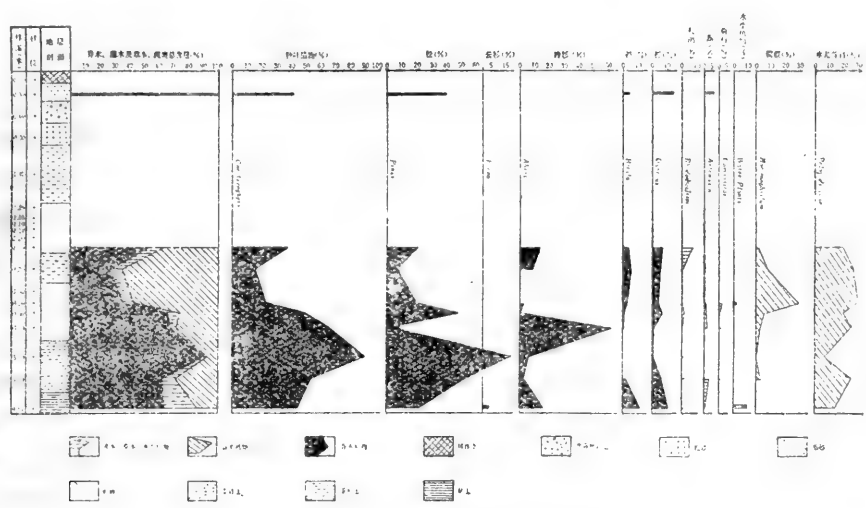


图1 剑川秋木山地区全新世孢粉图式

第Ⅰ带，距地表4.68—4.38米，岩性为浅灰、青灰、淡黄等杂色粘土层。从4.60米取的№1样品中，统计孢粉449粒，计20余科属。乔木花粉占孢粉总数的66.7%<sup>①</sup>，其中由松(按照花粉形态可与云南松*P. yunnanensis*进行对比)、冷杉、云杉、铁杉等组成的针叶植物花粉占44.3%，其次还有较多的落叶阔叶林树种，如桦和栎。灌木植物有杜鹃、忍冬，但含量甚微。草本植物中则有禾本科、蒿、藜和蓼。尽管蕨类植物孢子可占孢粉总数的14%<sup>①</sup>，但类型简单。该样与其他带孢粉组合不同，出现了水生植物花粉和通常生长在淡水、浅水、静水池沼中双星藻的孢子。表明该样沉积时期，具有一定面积的水体或与湖沼相通，周围的丘陵山地分布着亚高山针叶林。

第Ⅱ带，距地表4.38—2.33米，包括№2—№9号样品。该带下部为浅紫灰含植物朽木粉砂粘土层，据朱照宇等<sup>②</sup>报道，与此层位相当的朽木经放射性炭素年代测定年龄为9880±110年。从深4.20米的№2样中，统计孢粉643粒，并以松、冷杉为主，其次有栎、桦。由于松的花粉占54%，落叶阔叶树种花粉不足10%，因此当时植被可能为较纯的云南松林，中间夹杂生长着某些落叶阔叶林树种。林下灌木和草本层并不发育，除杜鹃、蒿、蓼外，蕨类仍以水龙骨、膜蕨为主。与Ⅰ带相比，№2样中出现了冬青的花粉，但水生植物花粉和藻类植物孢子不复存在，标志着№2样沉积时期，湖面退缩，水体消失，该地为针叶林所覆盖。

从3.9米深处取出的№3样中，统计花粉近千粒，其中仅针叶植物花粉就占90.5%，尤

① 以下所述百分比均为占孢粉总数百分比

② 朱照宇等，1982，云南剑川盆地第四系及其构造运动。金沙江、澜沧江、怒江地区（云南部分）地层古生物学术讨论会论文摘要汇编

以松的花粉占优势(83.3%)，其次还有少量的冷杉和铁杉。落叶阔叶树种花粉明显下降。灌木和草本植物的花粉含量甚少。但蕨类孢子的类型增多，除水龙骨外，还有少量的凤尾蕨、中国蕨、海金沙和膜蕨。因此当时可能分布着纯的云南松林，气候温暖略干。

Ⅱ带上部(深3.68—2.33米)，岩性为浅紫红色、黄褐色、浅灰色、褐黄色粉砂层。包括№4—№9四块样品。在№4(取样深度为3.5米)中，尽管乔木植物花粉比例下降至68%，但较松更耐冷湿，常组成亚高山针叶林的主要树种—冷杉花粉却增至63%，表明气温曾一度下降，落叶阔叶树种减少，冷杉林扩展到剑川盆地南隅。林下灌丛种类少，由水龙骨组成的蕨类植物在林下，林缘较为发育。№5样中(样深3.3米)，统计孢粉555粒。乔木植物占66%，其中针叶植物花粉占49%，占乔木植物花粉总数的74%。该样中冷杉、云杉花粉消失，落叶阔叶树种花粉亦相应增加，除栎占14%之外，尚有少量的胡桃、榛。灌木植物中仅见杜鹃和冬青。草本植物类型简单，有禾本科、蒿和伞形花科。蕨类植物中仍以水龙骨和膜蕨为优势。由于缺乏亚高山针叶林中主要树种如云杉、冷杉的花粉，喜温略干的松树又成为当时森林植被中的主要树种，因此当时的植被可能为云南松和栎组成的混交林，反映出温凉半湿润的气候环境。

№6样，取样深度为3.16米，统计孢粉526粒，该样以乔木植物花粉下降(占30.6%)、蕨类植物孢子上升(占56.8%)为特征。乔木中冷杉少量出现，占3%，松占20%，桦、栎、赤杨等不足8%。灌木及草本植物花粉接近9%，除菊科、蒿、马鞭草、杜鹃、禾本科植物花粉外，还出现了少量的蔷薇、蓼。蕨类成分简单，除水龙骨科外，还出现了大量的膜蕨。鉴于膜蕨常附生于树干或岩石上，同时又出现少量的双星藻孢子，有可能表明当时气温回升，水面扩大。

№7样，岩性为褐黄色粉砂层，统计孢粉仅49粒，出现的孢粉种类与№6接近，但含量却明显下降。由于蒿、蓼、水龙骨、瓦韦较多，桦、栎、榛比例增高，缺乏水生和湿生植物花粉，因此可能因当时气候较干，植被稀疏，受沉积环境影响，不利于孢粉保存。但在岩性为灰黑色含碳质亚粘土中所取的№8样(样深2.70米)中，花粉含量明显增多。从统计的404粒孢粉看，乔木植物花粉仅占28%，并以松、冷杉为主，栎、桦次之，出现个别的槭和胡桃花粉。蕨类植物孢子上升为整个剖面的最高值，占62.6%，除分布广泛的水龙骨科孢子外，还有生长在亚热带山地林下或沟谷中的凤尾蕨、紫萁、膜蕨、石松等孢子，推测当时气候温暖偏干。

№9样(样深2.40米)，统计出孢粉410粒。该样乔木植物花粉含量回升，松和冷杉分别占20.7%和13.4%，落叶阔叶林树种的花粉亦增至16.5%以上。由于杜鹃和草本植物花粉比例增加，水生植物花粉缺乏，很可能当时气候再次转凉。

第Ⅲ带，距地面2.33—0.40米，岩性为粉砂、粗砂及粘土层，从中取的8个孢粉样品(编号为№10—№17)经分析不见或少含孢粉，未进行百分比统计。但从出现的孢粉类型看，与该剖面的Ⅱ和Ⅲ带相当一致，除松外，栎是乔木树种中的主要成分，灌木中有杜鹃和柳，草本植物中仅见菊科、蒿和水龙骨。该带孢粉贫乏，可能因为当时植被覆盖度较小，不能产生大量孢粉，又加上受沉积环境限制，不利于孢粉保存，但从该带孢粉类型推测，当时盆地内仍有局部针叶、阔叶混交林分布，气候温干，与其前后的植被发展有着连续性。

第Ⅳ带，(样深0.40—0.15米)，岩性为浅褐色细砂层。从深0.30米取的№18样品中共统计孢粉187粒，其中乔木植物花粉占85%。在乔木中，针叶植物和落叶阔叶植物花粉所占比率相当。针叶中以松为优势，仅见个别的冷杉和云杉花粉。落叶阔叶树种中除了桦、栎含量较高外，喜光，速生，适应性广泛的赤杨可占21.5%，此外还有少量的榛、栗、胡桃。草本植

物类型简单,主要有菊科和禾本科。蕨类植物孢子的比例下降为3.2%,从上述组合表明当时针叶林退缩,落叶阔叶林面积增加,气候较Ⅱ带温暖略干。

№19样,采自距地表0.50米的耕植土。在统计的33粒孢粉中,除见19粒松树花粉外,还有少量栎、鹅耳枥、赤杨和个别禾本科和冷杉花粉。蕨类植物孢子也仅见水龙骨孢子。由于不同植物孢粉产量差异很大,在传播过程中受生物和物理过程的影响,降落到地面后经成岩作用和环境演变,在地层中保存下的花粉,仅是当时植物体产生花粉的极少部分。然而通过各类花粉传播的实验,以及对不同植被带表土分析和空气中花粉的收集,证明能大致反映植被的组成和变化。尽管秋木山剖面中耕植土受人为影响很大,然而组合中占优势的是松树和少量落叶阔叶树种这一事实,同样表明了秋木山地区现代次生林植被的特征,而与该剖面中其他层位的组合差异很大。

### 三、小 结

1. 位于横断山脉中段的滇西地区,自新第三纪以来,同样受到印度洋板块挤压和扭曲,构造运动亦十分强烈,但隆升的时代、幅度和形式在青藏高原不同部位并不一致。剑川双河煤系的植物化石研究表明中新世时,植被为亚热带的常绿和落叶阔叶林区,气候较今温暖、湿润<sup>(6)</sup>。在沉降区有利于有机物的累积,但在上新世晚期的洱源、三营、牛街一带,气候明显的转凉,植被为亚热带山地针阔叶混交林,尽管当时的海拔高度较今稍低,亦显示植被垂直分带特征<sup>(5)</sup>。第四纪以来,全球性气候变冷,进一步引起滇西高山地区冰川前进和退缩,湖泊、沼泽的消长,冰缘现象的出现和消失,植被水平地带和垂直分带的移动。滇西地区如同我国华北、东北地区一样<sup>(4)</sup>,更新世冰期时同样出现过由云杉、冷杉、松、铁杉等组成的亚高山针叶林在丘陵或低山地区的扩展<sup>①</sup>。

尽管剑川秋木山剖面并不完整,但从已有年龄测定表明,在最近10000年中,曾发生过多次针叶林繁盛,显示气候冷暖和干湿的波动。如把气温明显回升作为全新世的下限,剑川秋木山的全新世底界有可能放在杂色粘土层之下,年龄将大于10000年<sup>(2)</sup>。

2. 该剖面沉积时期表明植被和气候的变化,即10000年前这儿的湖沼发育,生长着针叶、阔叶混交林。№2—№3样沉积时期,湖面退缩,主要由松组成的针叶林面积扩大。气温较№1样沉积时期回升,至№4样,由于性喜冷湿的云杉、冷杉的分布面积扩大,说明气温短期下降。№5样沉积时期,云杉、冷杉退缩,落叶阔叶树种增多,植被变为由云南松和栎组成的针阔叶混交林。反映出温凉湿润的气候环境,而在№6和№7样中,大量出现生长在林缘或附生在岩石或树干上的水龙骨科和膜蕨孢子。乔木中仍以针叶和落叶阔叶树种为主,说明当时气候温暖略干。至№8和№9样,花粉含量增高,乔木中又以松和冷杉为主,栎、桦、云杉次之,灌木和草本植物较丰富,说明气温再次转凉。在经过№10—№17相当长一段孢粉贫乏带之后,至№18样,随着气温回暖,植被以云南松为优势的针叶、阔叶混交林。由于云南松耐干、喜光、林下光亮干燥、对土壤母质的选择并不严格,林下灌木层、草本层多为阳性植物组成。因此气候温暖干燥;但当时仍有森林覆盖。而接近地表的№19样中,不仅孢粉含量少,而且植物种类简单,作为该剖面中一直占有重要位置的云杉、冷杉消失,保留下的大多是适应性较为广泛的树种和中生、旱生的草本植物。显示受人为活动影响的次生植被

① 杜乃秋、孔昭宸1982,丽江蛇山剖面的孢粉分析及其在植物学和地质学上的意义(未刊稿)

特征。

3. 秋木山剖面孢粉组合表明, 最近 10000 年以来, 剑川盆地一方面受到最新构造运动的影响, 又受到全球性气候变化和人为活动的波及。出现过多次亚高山针叶林面积的扩大和收缩, 尤其作为具有重要经济价值的冷杉、云杉林<sup>(3)</sup>所发生的水平地带和垂直分带性的移动, 将有助于了解横断山区暗针叶林的发生和发展, 并加深自然环境演变的认识, 限于秋木山剖面出露并不完整, 孢粉样品间距大, 孢粉图式和分带仅能说明植被演替的大体趋势。在缺乏系统年龄测定数据和更多学科的配合情况下, 上述认识尚有待深化和修正。

## 参 考 文 献

- (1) 中国植被编辑委员会编著, 1980, 中国植被, 科学出版社。
- (2) 孔昭宸、杜乃秋, 1982, 北京地区 10000 年以来的植物群发展和气候变化, 植物学报 24 (2), 172—180。
- (3) 李文华、周沛村, 暗针叶林在欧亚大陆分布的基本规律及其数学模型的研究, 自然资源, 1979 (1), 21—34。
- (4) 徐仁、孔昭宸、杜乃秋, 1980, 中国更新世云杉, 冷杉植物群及其在第四纪研究上的意义, 中国第四纪研究, 5 (1), 48—56。
- (5) 陶君容、孔昭宸, 1973, 云南洱源三营煤系的植物化石群和孢粉组合, 植物学报, 15 (1), 120—125。
- (6) 赵国光, 1965, 滇西北大理丽江地区新生代地层及构造的初步观察, 地质论评, 23 (5) 345—355。

图版说明 (所有孢粉除图版 15, 3—4 放大 400 倍外, 其余均放大 800 倍)

## 图 版 15

- 1.4. 拟云南松 *Pinus cf. yunnanensis*
2. 铁杉 *Tsuga chinensis*
3. 冷杉 *Abies sp.*
5. 桦 *Betula sp.*
6. 枫杨 *Pterocarya stenoptera*
7. 忍冬 *Lonicera sp.*
8. 冬青 *Ilex sp.*
9. 杜鹃 *Rhododendron sp.*
10. 蓼 *Polygonum sp.*
11. 不能鉴定的花粉。
12. 菊科 *Compositae*
13. 禾本科 *Gramineae*

## 图 版 16

1. 蓼, *Polygonum sp.*
2. 狐尾藻 *Myriophyllum sp.*
3. 双星藻 *Zygnema*
4. 蒿 *Artemisia sp.*
5. 凤尾蕨 *Pteris sp.*
- 6.8. 槲蕨 *Drynaria sp.*
7. 水龙骨 *Polypodium*
9. 膜蕨 *Hymenophyllum*
10. 唇形科 *Labiatae*
11. 泥炭藓 *Sphagnum*

# PALYNOLOGICAL ANALYSIS OF THE QIUMUSHAN REGION IN JIANCHUAN COUNTY OF HOLOCENE AND ITS SIGNFICANCE

Kong Zhaochen    Du Naiqiu    Gao Xiulin  
Institute of Botany, Academia Sinica

Huang Xinggen

Seismic Geological Brigade, State Seismological Bureau  
Lin Linrn (Wuhan College of Geology)

## Abstract

Based on the information of the spore-pollen assemblages of 19 samples from the stratigraphic profile (4.6 M deep below the surface) of Qiumushan region in the vicinity Jianchuan county, Yunnan, four zones are divided in ascending order as follows.

The first zone is characterized by predominance of pollen of arboreal, mainly of *Pinus cf yunnanensis*. *Abies*, *Picea*, *Tsuga*, *Betula*, *Quercus*, indicating that some temperate needle to broad leaved mixed forest were growing there. Water plants such as *Myriophyllum*, *Zygnema*, were also growing in some shallow, stagnant ponds, lakes or marshes. The climate was wet and warm.

The second zone is divided into three parts. The lower part is also characterized by domination of arboreal. In this assemblage pollen of *Pinus cf yunnanensis* accounts for 83 percent of the total numenous. Ferns, such as Polypodiaceae, *Hymenophyllum*, were epiphytic or growing under trees. At that time subalpine coniferous forest was flourishing in Jianchan basin. The climate was warmer and drier than that of zone I.

In NO.4 pollen assemblage, *Abies* and *Picea* are predominant, indicating that summer temperature was lower than that of the present. It corresponds to the new cold period.

In the upper part (NO.6), the pollen assemblage is mainly composed of needle to broad leaved mixed forest and spore of Polypodiaceae accounts for as high as 56.8% of the total.

In the third zone, pollen and spore apparently decreased. The climate was probably warmer and drier than that of the present.

In the fourth zone, a mixed broadleaf deciduodous and needleleaf evergreen forest composed of *Pinus cf yunnanensis*, *Quercus*, *Alnus*, *Carpinus*, *Juglans* was widely distributed in the basin. The climate was warm and wet.

The palynological investigation and the data on dating of absolute chronology with radioactive carbon are valuable for studies on the vegetational and climatic changes in Jianchuan basin of the Holocene.

## 12. 横断山脉中、北段几个新生代地层剖面的初步观察

陈万勇 宗冠福 徐钦琦

(中国科学院古脊椎动物与古人类研究所)

横断山脉中、北段是由西藏昌都以东的高山峡谷地区和四川省甘孜、阿坝两个藏族自治州组成。这一地区处于青藏高原的东部，交通不便，地形复杂，地势高亢，气候恶劣，地质工作薄弱，研究工作刚刚开展。在1951~1955年期间，中国科学院西藏工作队李璞等，曾对西藏东部昌都地区贡觉红层进行考察，命名为“贡觉层”，因没找到可靠的化石，其时代暂定为新生代或三叠纪。从1960年起四川省地质局区测队在这个地区进行1:100万及1:20万区域地质测量工作，将红层统称为贡觉群，其时代定为早第三纪。对这一地区新第三纪和第四纪地层也进行过一些初步调查与研究。这次中国科学院青藏高原综合科学考察队古脊椎动物组，对横断山北、中段一些含有脊椎动物化石地点的新生代地层剖面，进行了初步观察。

我们先后从康定出发，分三条路线进行考察（图1）。第一条路线是康定—理塘—甲洼乡—格木寺—康定。第二条路线是康定—道孚—炉霍—江达—德登—德格—汪布顶—康定。第三条路线是从康定—灌县—红原—若尔盖—玛曲—南坪—松潘。在这三条路线中我们考察了新生代地质剖面，采集了脊椎动物化石，岩石、粘土和沙等样品。在这篇报告中，我们将对上述地区中发现脊椎动物化石的地质剖面进行初步的分析，为进一步研究时参考。

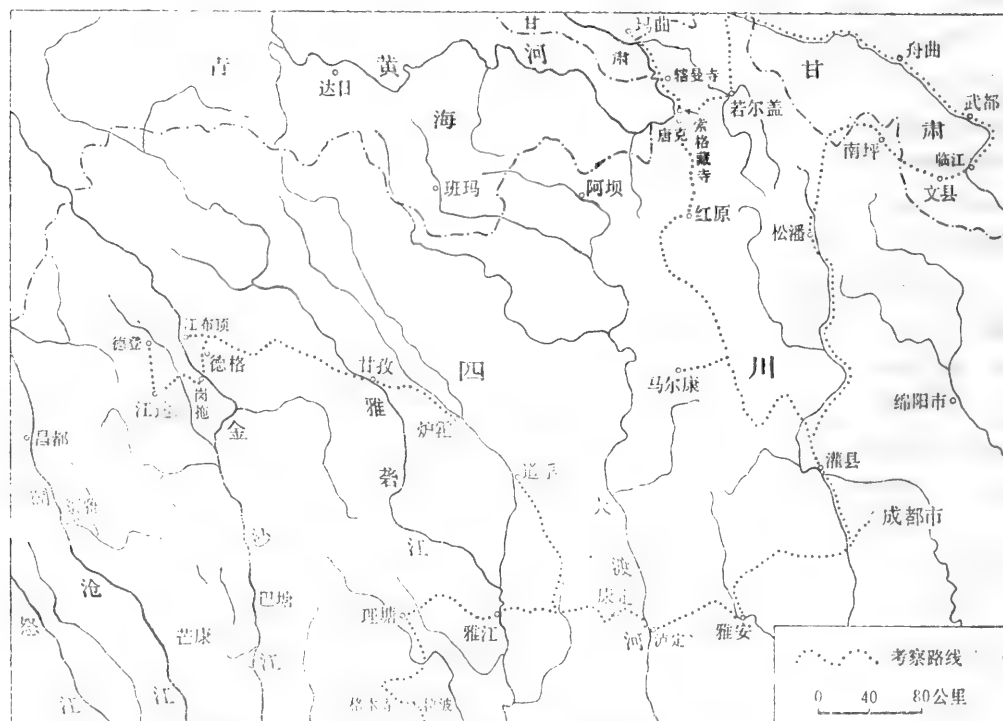


图1 川西高原高原路线图

## 一、早第三纪晚始新世地质剖面

格木寺位于四川省理塘县东南约150公里的达曲河畔。从大地构造的观点来看，它位于金沙江河谷以东，玉树—甘孜—理塘大断裂以西的川西高原上。这里是西藏东部，四川西部红色地层分布比较集中的地区。从格木寺盆地沉积物和沉积相的特征来看，这套红层属于典型的内陆湖相沉积。它不整合于不同时代的地层及岩体之上。四川省地质局区测队，曾在这一地区进行过1:20万的区域地质测量工作，将川西高原老第三系热鲁群划分为下部热鲁组和上部格木寺组。我们根据区测队提供的资料到格木寺地区进行了地层考察，并采集到一些古脊椎动物化石。在格木寺盆地中，从晒桌曲—齐根山地质剖面中共发现了两个含脊椎动物化石层位，现将剖面分述如下（图2）图版17照片1。

上部：

13. 青灰绿色和中小砾石组成的砾岩层与浅红色砂质粘土岩互层。厚38米。

12. 青灰色砾岩与浅红紫色粘土互层，砾岩胶结疏松，砾石磨圆度不好，多带稜角状。砾石倾向NE40°—45° < 30°—40°。厚25米。

11. 红色粘土夹有少量青灰色小砾岩层，含有脊椎动物化石。厚42米。

经初步鉴定，脊椎动物名单如下：

陆龟科，属种未定。

*Testudinidae* indet.

犀科，属种未定。

*Rhinocerotidae*. indet.

南方厚蹄犀相似种。

*prohyracodon* cf. *meridionale*

沟齿兽未定种。

*Bothriodon* sp.

猪亚目，属种未定。

*Suina*. indet.

10. 浅红色厚层状粘土岩。厚50米。

9. 薄层状灰色淡水灰岩。厚2米。

8. 上部为淡红色粘土岩，下部为紫褐色厚层状粘土岩。厚56米。

7. 青灰色、紫褐色砂砾岩层，具有明显的小交错层理。厚20米。

6. 紫褐色粘土岩夹小砾石层，具有水平状层理。厚10米。

5. 紫褐色厚层状粘土岩，具有水平状层理构造，含陆龟等古脊椎动物化石。厚38米。

4. 紫褐色粘土岩夹小砾岩，具有水平状层理构造。厚36米。

3. 紫褐色粘土岩，粗砂岩与水平状小砾岩层互层。厚25米。

2. 砖红色粘土岩夹大砾岩和小砾岩层，有交错层理出现。厚24米。

1. 浅红色大砾岩层，砂砾岩层与粗砂岩层，具有交错层理构造。厚5米。

上述岩层，在格木寺西南部，宗马山的西南角可见到不整合于三叠纪黑色板岩之上。这一套岩层，无论在岩相、岩性、厚度等方面，其横向变化都比较复杂。从沉积相而言，既有河流相，又有湖滨相和深湖相的特征。四川省区域地质测量队曾在格木寺盆地找到一些零星

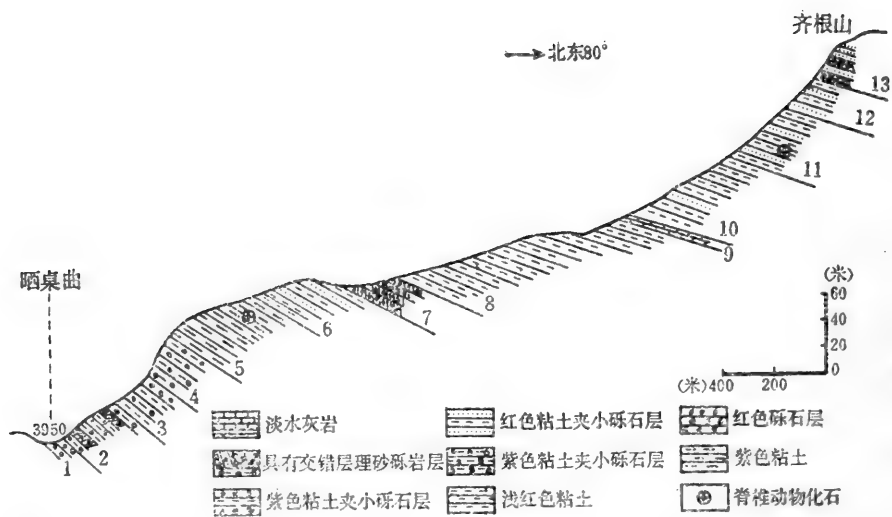


图2 晒桌曲—齐根山含化点地质剖面图

的哺乳动物碎骨化石，虽无法确定其地质时代，但我们这次考察提供了线索。因此，我们在格木寺剖面（图2）下部第5层中发现脊椎动物犀类的骨骼化石，在上部第11层含有厚蹄犀，沟齿兽等化石。因此，暂时定其时代为晚始新世。

## 二、四川德格县汪布顶早或中更新世地质剖面

青藏高原自第三纪以来，不断的大幅度隆起，使位于高原东部的横断山脉也随之不断的抬升，河流剧烈下切。因此，形成金沙江两岸的高山峡谷区。汪布顶一带早或中更新统地层主要分布在金沙江两岸高阶地上（图版17，照片3，4）。现将汪布顶早、中更新统地层剖面自上而下分述之（图3）：

5）坡积黄土夹小砾石植被层：坡积砾石为山上片岩、混合岩化片岩、黑板岩等风化产物。厚1米。

4）黑灰色小砾石层：砾石成分为黑板岩、石英岩和砂岩。砾石磨圆度较好，多为椭圆形，可能为远距离搬运结果。厚8—9米。

3）厚层状黄红色砂质粘土夹灰色砂质透镜体，由上、中、下三部分组成。上部为黄色稍带浅红色砂质粘土，含有脊椎动物化石；中部黄红色钙质粘土，含有丰富的哺乳动物化石，下部为厚层状红色粘土，含有哺乳动物化石。总厚约10米。

汪布顶地质剖面中含脊椎动物化石，经初步鉴定。其名单如下：

1. 鸟类 Aves indet.
2. 兔形类 Lagomorpha  
鼠兔?? *Ochotona* sp.
3. 食肉类 Carnivora  
猞猁 *Lynx* sp.  
猎豹 *Acinonyx* sp.  
鬣狗 *Hyaena* sp.



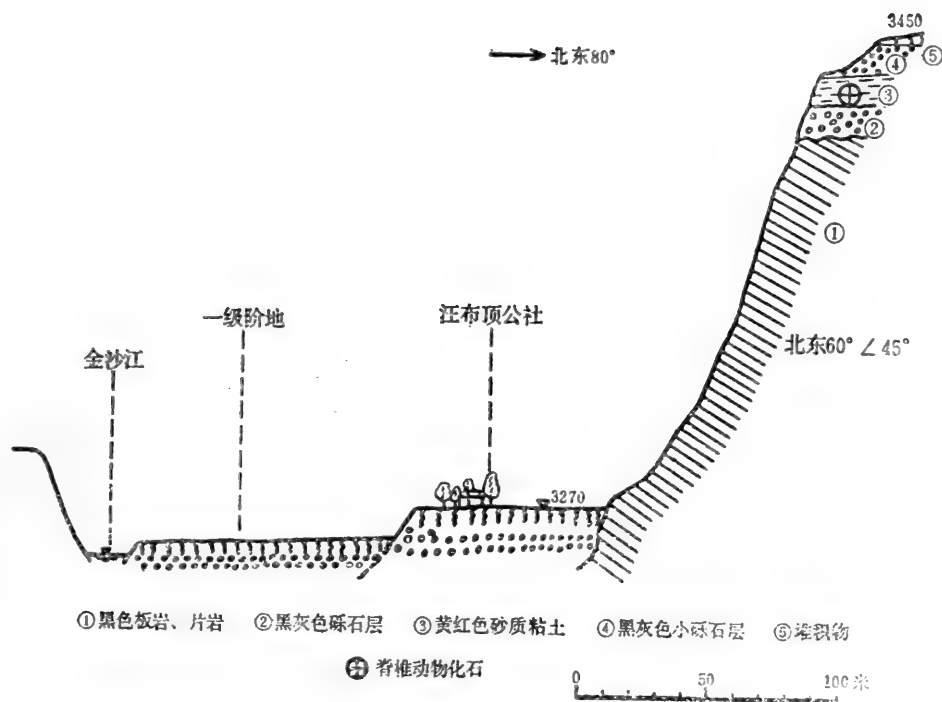


图3 四川德格县汪布顶地质剖面图

#### 4. 偶蹄目 Artiodactyla

羚羊 Bovidae indet.

鹿 Cervidae indet.

#### 5. 蹄兔目 Hyracoidea

蹄兔 *Postschizotherium* sp.

2) 黑灰色砾石层: 由上、中、下三部分组成, 上部砾石层中砾石的砾径比较小, 一般为3—5厘米; 中部为青灰色大砾石层; 砾径达10厘米以上; 下部为中等砾石层, 砾石磨圆度很好。

.....不整合.....

#### 1) 黑色板岩、片岩、石灰岩。

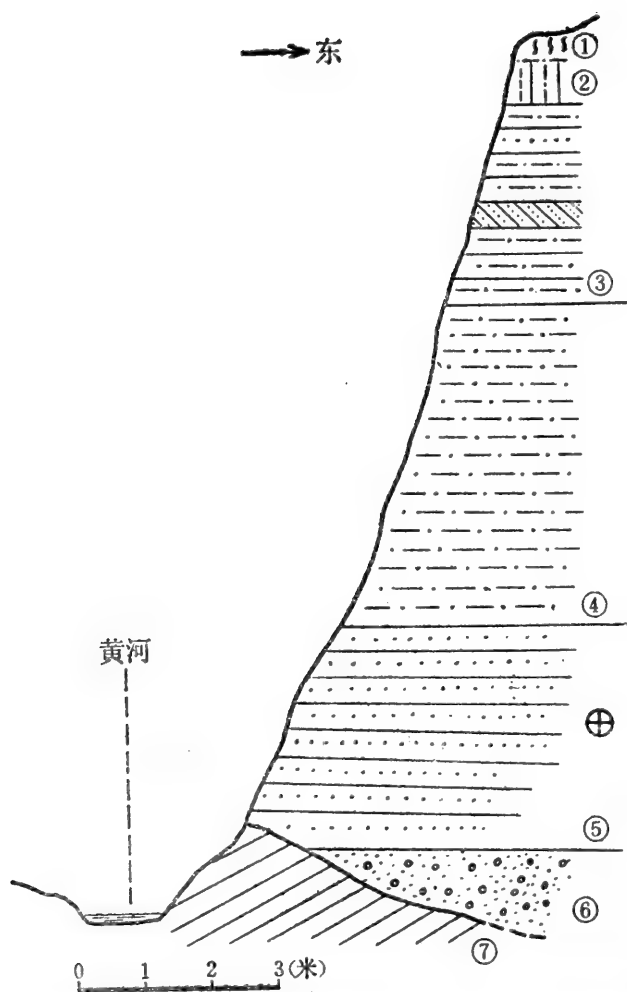
从上述地层特征来看, 由河谷一级阶地到含哺乳动物化石的高阶地, 两者高差达200多米。说明横断山脉北段在早或中更新世之后, 受喜马拉雅山隆起的影响, 新构造运动相当强烈, 使青藏高原普遍大幅度的抬升。这一地层时代的确定, 对研究青藏高原和横断山脉的古地理、古气候、隆起的幅度和形式等问题, 都提供可靠的科学依据。

### 三、四川若尔盖黄河阶地杂威晚更新统地质剖面

晚更新世地层在横断山脉, 主要分布在川西高原的主要河流和各支流的阶地上。其中比较大面积出露的地方, 是在阿坝地区若尔盖草原黄河两岸阶地上。现以唐克杂威晚更新世地质剖面为代表, 自上而下分述之(图4)。

#### 1. 棕褐色土壤植被层。

厚0.35米。



- ①棕褐色土壤植被层 ②黄灰色砂质粘土 ③灰白色粘土与黄色沙  
④棕黄色细砂层 ⑤黄色砂质粘土 ⑥黄色砂砾石层 ⑦黑板岩  
⊕脊椎动物化石

图4 黄河杂威晚更新世地质剖面

2. 黄灰色砂质粘土、黄色细砂层、砂层与粘土互层，具有明显的水平状微层理构造。  
厚0.75米。

3. 灰白色粘土与黄色砂互层，具有明显的小交错层理。黄色砂层中具有铁锈色的杂斑  
状。  
厚3米。

4. 棕黄色含泥质细砂层。  
厚4.7米。

5. 黄色砂质粘土、细砂层，含哺乳动物化石。  
厚3米。

哺乳动物群

野驴 *Equus hemionus*,

野马 *Equus sp.*

披毛犀 *Coelodonta antiquitatis*

牛 *Bos* sp.

? 原始牛 (*Bos ? primigenus* Bojanus)

普氏羚羊 *Gazella przewalskyi*

6. 黄色砂砾石层: 砾石成分以砂岩为主, 分选性较好, 胶结的不坚硬, 砾石磨圆度较好。厚1—1.5米。

-----不整合-----

7. 黑板岩

#### 四、四川道孚县后山晚更新统地质剖面

四川省道孚—炉霍一带晚更新统地层, 主要分布在鲜水河两岸, 其中发育最好的地方是道孚林业局后山砖瓦厂附近的地质剖面。现从上而下分述之 (图5) (图版17, 照片2)

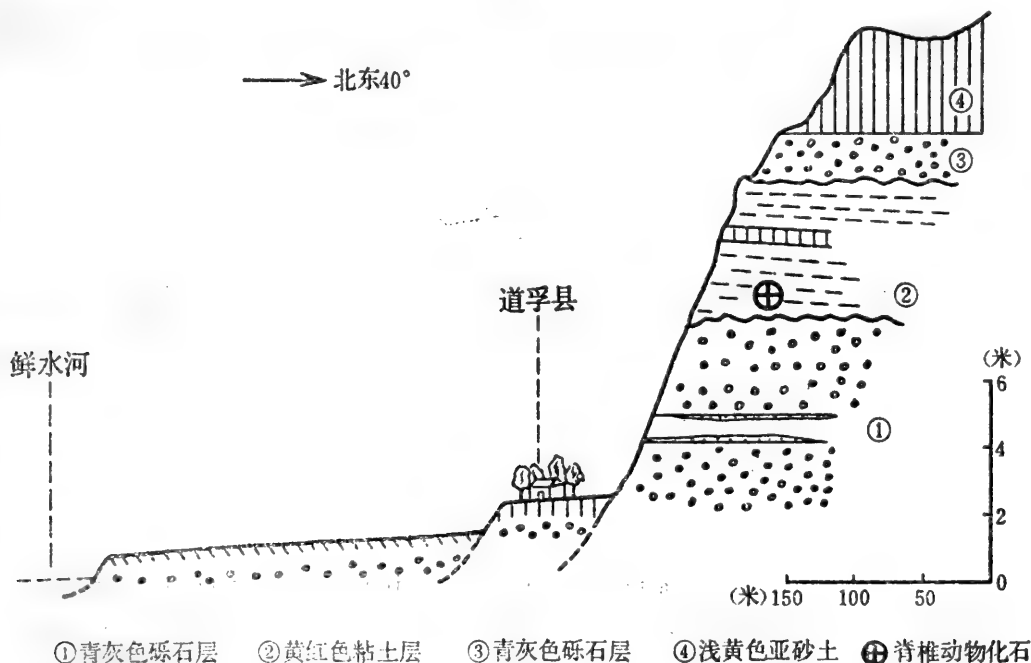


图5 四川道孚县林业局后山地质剖面

4. 浅黄色亚砂土, 具有柱状节理, 土质结构疏松。厚5—15米。

3. 青灰色砾石层, 砾石成分为青灰色、黑板岩、砾石磨圆度中等, 略显稜角状, 分选性不好。最大砾直径为10—15厘米, 一般为5厘米, 小者为1厘米。砾石倾向NW350°<30°。厚0.5—1米。

2. 黄红色粘土层: 由上、中、下三部分组成。下部为红棕色粘土, 土质结构很致密, 质地纯。在粘土中具有网纹状构造, 有明显的水平状层理; 中部浅黄色粉砂层, 厚约20厘米, 为水平状。上部为黄红色粘土层, 含有较多钙质结核。结核呈层状排列, 一般为0.5—0.7厘米。本层中含有野马、羊、鹿等化石。厚2米左右。

1. 青灰色砾石层, 砾石成分为石英岩、黑板岩、砂岩。砾石最大砾直径为10—15厘

米,一般为3—5厘米,小者为1厘米。在砾石层中含有砂透镜体。砾石磨圆度中等,多数为不规则的长椭圆形。砾石层厚度变化较大,一般为3—5米,厚度大者可达10米左右。

## 小 结

横断山脉北,中段新生代地层分布零散,一般发育在断陷盆地及主要河流两岸阶地上,因考察地区地势复杂、多为高山深谷,交通十分不便,使我们很难对新生代地层进行系统的考察工作。现仅就含古脊椎动物化石的几个地质剖面,进行初步工作。尚未结合区内外有关剖面加以对比,只作为1982年野外考察工作的初步总结,以便今后对本地区新生代地层工作时参考。

## 参 考 文 献

- (1) 周明镇等,1965,晋西南几个晚新生代地层剖面的观察,古脊椎动物与古人类,9(3),256—267。
- (2) 黄万波等,1974,泥河湾盆地晚新生代几个地层剖面的观察,古脊椎动物与古人类,12(2),100—108。
- (3) 赵国光,1965,滇西北大理—丽江地区新生代地层及构造的初步观察、地质论评。

## 图 版 17

### PRELIMINARY OBSERVATIONS ON SOME CENOZOIC SECTIONS IN THE NORTHERN AND CENTER PARTS OF THE HENGDUAN MOUNTAINS

Chen Wanyong, Zong Guanfu, Xu Qinqi  
Institute of Vertebrate Palaeontology and  
Palaeoanthropology, *Academia Sinica*

#### Abstract

In the Hengduan Mountains, three formations of mammalian remains bearing beds were discovered: Litang formation from the Gemusi basin, Litang County; Wogbuding formation from the terrace of the Jinsha River, Dege County and the Upper Pleistocene in Ruogai and Daofu Counties respectively, in the summer of 1982 (Fig. 1) .

The Gemusi basin mainly consists of Eocene river-lake deposits, such as red conglomerate, sandstone and mudstone with one or two intercalated beds of limestone (Fig. 2). The animal remains in Litang formation contain the following forms:

Reptilia

Testudinidae indet.

Mammalia

Perissodactyla

Rhinocerotidae

*Prohyracodon cf. meridionale*

gen. indet.

Artiodactyla

Anthracotheriidae

*Bothriodon* sp.

Suina indet.

Fig. 3 shows the stratigraphy in Wongbuding, by the Jinsha River, in Dege County. The following mammalian species are present in Wongbuding formation.

Mammalia

Lagomorpha

Ochotonidae

? *Ochotona* sp.

Carnivora

Hyaenidae

*Hyaena* sp.

Felidae

*Lynx* sp.

*Acinonyx* sp.

Perissodactyla

Chalicotheriidae

*Nestoritherium* sp.

Artiodactyla

Cervidae indet.

Bovidae indet.

According to the analysis of the fauna the Wongbuding formation belongs to the Early or Middle Pleistocene.

Fig. 4 and Fig. 5 show the stratigraphy in Ruoergai and Daifu Counties separately. Six species were found in the terrace sequence of the Yellow River in Ruoergai County:

Mammalia

Perissodactyla

Equidae

*Equus hemionus*

*Equus* sp.

Rhinocerotidae

*Coelodonta antiquitatis*

Artiodactyla

Bovidae

*Gazella przewalskyi*

*Bos* sp.

gen. indet.

And three species were discovered in the terrace sequence of the Xian-shui River in Daufu County:

Mammalia

Perissodactyla

Equoidae

*Equus przewalskii*

Artiodactyla

Cervidae

*Cervus* sp.

Bovidae

*Ovis* sp.

It is probable that the age of these terrace sequence is assigned as Upper Pleistocene by the presence of *Equus przewalskii*, *E. hemionus*, and *Gazella przewalskyi*.

# 13. 四川阿坝藏族自治州第四纪 哺乳动物化石

宗冠福 徐钦琦

(中国科学院古脊椎动物与古人类研究所)

1982年夏,中国科学院青藏高原综合科学考察队古脊椎动物调查组在横断山区北段进行新生代地层及古脊椎动物化石考察时,四川省区域地质调查队六分队,提供在阿坝藏族自治州若尔盖县唐克西北20多公里的辖曼种羊场附近发现的一批哺乳动物化石,邵维成等同志陪同我们前去现场进行考察,又采到一些哺乳动物的骨片和牙片化石。含动物化石的湖相地层构成该段黄河的河床和一级阶地,这批化石与1959年周明镇记述的“阿坝藏族自治州第四纪哺乳类化石”产自同一地区同一层位(即唐克索格藏寺至辖曼寺的黄河东岸的侵蚀阶地)。虽然,这些化石代表的种类不多而且保存也不好,但对我们了解高原的隆起以及该段黄河的发育历史和本区的古生物地层等问题具有一定的价值。

笔者感谢四川省区调队六分队为我们提供标本以及野外工作的方便,感谢为文中图版摄影的杜治、张杰同志。

奇蹄类 (*Perissodactyla*)

马科 (*Equidae* Gray, 1821)

马属 (*Equus* Linnaeus, 1758)

野马 (*Equus* sp.)

图版18 图1, 2, 3

材料:左肩胛骨一个,四川省区域地质调查队野外编号,以下同(HI-5-GJ-3);左尺骨一个(HI-6-GJ-8);左腕骨一个(HI-5-GJ-6)。

描述和比较:上述三种骨头可能不属同一个体。左肩胛骨(图版18,图3)基本完整,缺少软骨部分,前角和冈上窝的外缘破损。肩胛冈的上部更加高突,游离缘相当粗厚,不向下延伸形成尖锐的突起(肩峰),肩胛结粗大。肩胛骨体全长376毫米,骨体下部最大宽度为117毫米,肩胛颈最大宽度101毫米,关节窝径为 $91 \times 72$ 毫米,从肩胛骨体粗壮程度来看可能是一种个头较大的马而不是野驴。东北吉林榆树标本(V2182),肩胛骨体全长338毫米,上部分最大宽度为186毫米,下部分最大宽度为65毫米,关节窝径为 $57 \times 47.5$ 毫米,从形态特征来看显然不是马的肩胛骨而是一种牛类的。

左尺骨(图版18,图1)保存完整,下端与桡骨愈合部分残缺,尺骨体呈锥形三面体,尖端向下,大小与现代北方马相似。尺骨体长173毫米,尺骨突顶端至下方与桡骨愈合面之间距离为148毫米,尺骨突的最大高度(即从冠状突下方至结节顶端)为98毫米,尺骨突的最大宽度(钩状突的顶端与尺骨突后侧垂直距离)为63.5毫米,尺骨突的最大厚度(尺骨结节处)为26毫米,半月切迹下部较宽,切迹弦长(尺骨头的高度)为40.5毫米。

左侧髂、坐、耻三骨合成体(图版18,图2)基本完整,髌结节、荐结节、坐骨结节顶部和耻骨结节以及髂骨脊的外缘部分破损,三骨已完全牢固愈合,说明已到成年。从左侧三骨联合体的内侧轮廓来推测骨盆入口之形状呈半椭圆形,从坐骨的接合面以及荐结节方位来判断左右髂骨体明显不平行,闭孔大呈椭圆形,大小直径为 $72.5 \times 42$ 毫米,内缘薄锐。

上述三骨化石，虽无法确定是否属同一个体，但就其形态特征和个体大小可以肯定是马类的骨骼的一部分。根据测量的大小可以把它归于野马。1959年，周明镇记该地层中的披毛犀时提到野驴的牙化石，因此本层位中野驴和野马同时存在，这在华北晚更新世地层中是常见的现象。

犀科 (Rhinocerotidae Owen, 1845)

腔齿犀属 (*Coelodonta* Broun, 1831)

披毛犀 (*Colodonta antiquitatis*

Blumenbach, 1807)

(图版 18, 图 4a, b, 5)

材料：右上第四前乳白齿 (HI-5-GJ-13)，第？二胸椎 (HI-5-GJ-11)。

描述和比较：右上第四前乳白齿 (图版 I 图 4a, b) 白齿化程度非常强，牙齿保存完整，牙齿前缘部分珐琅质层破损，齿根外壁部分保存很好。牙齿上部截面呈长方形，长轴与牙槽一致；而牙齿下部截面也呈长方形，而长轴与牙槽方向垂直。牙冠上部测其长为 52 毫米，宽为 32 毫米；牙冠基部长为 38.5 毫米，宽为 52.5 毫米。牙齿外壁有二个褶肋，前面的褶肋比后面的强壮；前后两脊的内壁几乎垂直于齿的底面，磨蚀以后两脊末端基本不膨大，而且两者几乎平行伸向后内侧；无反前刺，小刺和前刺发育；珐琅质外表面满布细皱纹；齿根光滑。以上特征均与典型的披毛犀相似。与周明镇 (1959) 记述的材料以及 Falconer (1868) 记述西藏尼提山口的化石均无法进行对比，但从上述特征来看属于披毛犀是无疑的。

胸椎？可能是第二胸椎，棘突，腹棘以及横突破损，椎体完整 (图版 18, 图 5)。胸椎椎体非常粗壮 (与牛、马的显然不一样)，两侧的对肋关节面清晰可辨，从腹棘断面以及椎头形状来推测，腹棘比较发育。椎体长 (椎体后窝侧缘至椎头之前端的垂直距离) 为 82 毫米；横突孔大而且呈椭圆形，高宽为  $17 \times 11$  毫米；椎体后窝上下、左右直径为  $51 \times 53$  毫米；椎头上下高度为 65 毫米，左右最大宽度位于上方，其宽达 47 毫米；椎孔呈椭圆形，但最大横径稍偏于孔的下方与椎体纵轴方向垂直，椎体前面测得孔的最大水平直径为 37 毫米，垂直径为 28 毫米。

上述胸椎形态特征与现代犀很相似，但个体稍大一些。胸椎与上述乳白齿无法确认为同一个体，属同类动物的骨骼是无疑的，故将他们暂时放在一起处理。

牛科 (Bovidae Gray, 1821)

牛亚科 (Bovinae Gill, 1872)

牛属 (*Bos* Linnaeus, 1758)

牛 (*Bos* sp.)

(图版 18, 图 6；图版 19, 图 1)

材料：一右额骨带有尖端断失的角心 (HI-5-GJ-5)，枢椎 (HI-5-GJ-12)。

描述和比较：从残存的角心 (图版 19, 图 1) 来判断，其形状比较细而短，向外侧上方弯曲，角尖明显高出额面，角心由基部逐渐向角尖变细。角心基部横截面呈椭圆形 (大小直径为  $65 \times 48$  毫米)，长轴平行头骨的纵轴，角心表面比较光滑，偶有细而短的不连续的纵向沟纹。残存角心上凹部分长为 120 毫米，估计长达 270 毫米左右；下凸部分长为 165 毫米，估计长达 340 毫米左右，角心与头骨纵轴夹角小于  $90^\circ$ 。

上述测量与角心上凹部分长为 340 毫米、下凸部分长为 400 毫米、基部横截面径为  $93 \times 75$  毫米的吉林之野牛 (V2240) 相比，阿坝之牛要小一些。但是从残存的额顶骨来推测阿坝的



牛角起于额骨后缘的外角，这显然是牛属的特征，角心的粗壮程度与现代的野牦牛（*Bos grunniens* Linne）相似。

枢椎（图版18,图6）枢椎骨体基本完整，棘突受损，椎体短（前关节突的后缘到椎体后缘的长度为61毫米），呈椭圆形的椎间孔不那么紧靠前侧边缘，与马类的枢椎显然不同。关节后突区域椎体宽度为49毫米；而关节前突区域椎体的宽度达76.5毫米；齿突宽度大，左右宽达39毫米；椎孔呈近圆形，孔径约23毫米；椎间孔径为8毫米；椎体后窝高×宽为34×27毫米。此枢椎来自同地点同层位，无法确认与上述角心同属一个体。

？原始牛（*Bos? primigenius* Bojanus, 1827）

（图版19，图2-5）

材料：远端已断离的右肱骨一个（HI-5-GJ-1），右侧胫骨（HI-5-GJ-4），左侧大掌骨（HI-5-GJ-2），大跖骨（HI-5-GJ-7）各一个。


描述和比较：右肱骨（图版19,图5）远端虽已断离，但其构造仍然无损，极易复原。肱骨骨体相当粗壮，三角脊很显著，肱骨头呈椭圆形；远端的肘窝相当深，肘窝的外侧壁很薄；肱骨体外侧隆起高出肱骨头面43毫米，隆间沟宽达55毫米；冈下肌腱附着的粗结节的直径为56毫米；肱骨体远端左右宽度为107毫米，内、外髁的前后直径达49毫米；肱骨头的最大直径为110毫米，肱骨体近端最大横切面的最大直径为169毫米。

胫骨：完整的右胫骨骨体粗壮（图版19,图3），大小与上述肱骨相适应，骨体主轴稍有弯曲，内侧面呈隆凸状态，内髁前部向前下方延伸，末端尖突。远端关节沟和脊呈矢状方位，滑囊窝比较深。

| 测 量 比 较 |               | 单位：毫米     |
|---------|---------------|-----------|
| 胫 骨     | 阿坝（HI-5-GJ-4） | 吉林（V2261） |
| 最大长度    | 445           | 463       |
| 近端宽度    | 123           | 141       |
| 中间宽度    | 57.5          | 59.1      |
| 远端宽度    | 78.5          | 86.5      |

大掌骨：左侧大掌骨（图版19图4）骨体短、扁、宽；远端宽于近端，两髁向外扩张，骨体两侧由两端向中部逐渐倾斜而形成弧形。

| 测 量 比 较   |               | 单位：毫米     |
|-----------|---------------|-----------|
| 大 掌 骨     | 阿坝（HI-5-GJ-2） | 吉林（V2259） |
| 骨体全长      | 221           | 205—255   |
| 骨体远端之宽    | 90            | 35—93     |
| 骨体近端之宽    | 80            | 70—92     |
| 距近端1/3处厚度 | 32            | 32.9—35   |
| 距远端1/3处厚度 | 33            | 29.2—35   |
| 中部左右宽度    | 59            | 42—62     |

大跖骨（图版19图2）：骨体的近端破损，故无法断定左右侧，远端完整保存；两髁非常靠拢，并牢固癒合而成马蹄形“”。骨体远端左右宽度达77毫米，与吉林榆树（V2266）大跖骨标本（远端左右宽度为70—75毫米）相接近。

以上肢骨均来自同一地点同层位而且个体尺寸相适应，属同种牛类之骨骼，甚至也可能为同一个体。依其大小尺寸与吉林榆树的牛类化石以及周口店水牛肢骨相比较，阿坝之牛化石代表的个体要大一些，与现代我国云南热带地区残存的野黄牛（*Bos gaurus*, H.Smith）大小相接近，它们的肩高（由肩骨隆突处）可达2米。从其大小形状以及地质历史情况看，这些肢骨可能与原始牛有关，特别与本区黑河牧场相同层位中的原始牛肢骨相似，因无头骨，故不能肯定之。

羚羊亚科（*Antilopinae* Baird, 1857）

羚羊属（*Gazella* Blainville, 1816）

普氏羚羊相似种（*Gazella cf. przewalskyi*, Buchner, 1892）

（图版18 图7）

材料：一个右角心（HI-6-GJ-2）。

描述和比较：右角心的尖端破损，角心比较粗壮，大小中等，残存部分长109毫米，横切面椭圆形，根据角心基部保存的额骨接合面来判断，两角心相距较近，角心横切面的长轴与头骨纵轴几乎平行。角心两侧表面具有细而深的沟纹，后侧尤为显著。

测量和比较

单位：毫米

| 角 心     | 阿 坝<br>HI-6-GJ-2 | 吉 林<br>V 2130.1 | 萨拉乌苏  | 山 顶 洞<br>(周口店) |
|---------|------------------|-----------------|-------|----------------|
| 角基部最大直径 | 40               | 30—34           | 27—37 | 36             |
| 角基部最小直径 | 26.5             | 23.3—25.7       | 21—24 | 30             |

上述特征与普氏羚羊相符，个体略大于同时期其他地方的种类。

## 结 语

这批化石标本中以肢骨为主，代表的种类如下：

奇蹄类（*Perissodactyla*）

野马（*Equus* sp.）

披毛犀（*Coelodonta antiquitatis*）

偶蹄类（*Artiodactyla*）

牛亚科（*Bovinae*）

牛属种未定（*Bos* sp.）

？原始牛（*Bos ?primigenius*）

普氏羚羊（*Gazella cf. przewalskyi*）

上述五种哺乳动物中披毛犀与周明镇（1959）记述的相同，其余均为本次新发现，而野马肢骨与周当时记述的野驴（*Equus (Hemionus)* sp.）牙化石无法进行比较，仅就其骨骼粗壮程度来判别的，所以不一定符合实际情况，要证实这两种动物的存在尚待当地层位中更多的化石出土。这样连同周明镇（1959）记述的两种，本层位中共有六种哺乳动物化石，而且他们都喜于开阔的稀疏林草地环境。由此，可以推测本区自晚更新世以来，不仅气温和海拔高度有所变化，而且稀疏林草地的景观也有所改变，与目前广阔的纯草垫植被的景观不一

样。

化石产于青藏高原东缘若尔盖大草原的玛曲黄河阶地之中,当地海拔3400米,河床切割的含化石层厚度并不大,估计20—30米,据地质部门电测数可达500多米。这套湖相地层分布面积较大,根据黑河牧场(在甘肃交界的郎木寺附近)以及红原互切等地发现的化石来推测,含化石的湖相沉积可能是现在红原—若尔盖沼泽的基底。

该段黄河河床发育在含化石的湖相地层之上,流水的溯源侵蚀作用破坏了含化石层位,揭示了它与中生代黑色板岩之间的关系,由此可以推测本区晚更新世以前主要是抬升,并受东部岷山的阻挡使之成为青藏高原东缘晚更新世的内陆大湖而接受沉积,直到黄河流水穿越以后,湖水逐渐被引走而变为大面积的沼泽草地,湖水的退缩也由于受新构造运动不断抬升的影响而使湖水外流。这个动物群的发现可以肯定其时代不会早于晚更新世,甚至也可能更晚,这一点还有待于同位素 $C^{14}$ 的年龄值来说明;同时也可进一步推测高原隆起幅度以及黄河和若尔盖草原的发展历史。

### 参 考 文 献

- (1) 寿振黄等, 1962, 中国经济动物志(兽类)。科学出版社, 481—487。
- (2) 祁国琴, 1975, 内蒙古萨拉乌苏河流域第四纪哺乳动物化石, 古脊椎动物与古人类, 13(4), 239—249。
- (3) 周明镇等, 1959, 东北第四纪哺乳动物化石志, 中国科学院古脊椎动物研究所, 甲种专刊, 第三号, 34—72。
- (4) 周明镇, 1959, 阿坝藏族自治州第四纪哺乳类化石, 中国第四纪研究, 2(1), 6—13。
- (5) 胡长康, 1959, 北京西郊—原始牛(*Bos primigenius*)头骨化石, 古脊椎动物与古人类, 1(1), 41—42。
- (6) 裴文中、李有恒, 1964, 萨拉乌苏河系的初步探讨, 同上, 8(2), 99—118。
- (7) Falconer, H., 1868, On the fossil Rhinoceros of central Tibet. Paleontological Memoirs and Notes, 173—185。
- (8) Skinner, M. F. and Kaisen, O. C., 1947, The fossil Bison of Alaska and preliminary Revision of the Genus. Bull. Amer. Mus. Nat. Hist. 89 Art. 3, 142—241。

### 图 版 18

1. 野马(*Equus* sp.)左侧尺骨, 外侧视,  $\times 1/2$ 。
2. 同上, 左侧髌、坐、耻三骨联合体, 外侧视,  $\times 1/4$ 。
3. 同上, 左侧肩胛骨, 外侧视,  $\times 1/4$ 。
- 4a. 披毛犀(*Coelodonta antiquitatis*)右上第四前乳白齿, 冠面视,  $\times 2/3$ 。
- 4b. 同上, 外侧视,  $\times 2/3$ 。
5. 同上, ? 第二胸椎, 后视,  $\times 1/2$ 。
6. 牛(*Bos* sp.)枢椎, 右侧视,  $\times 2/3$ 。
7. 普氏羚羊相似种(*Gazella cf przewalskyi*)右角心, 内侧视,  $\times 2/3$ 。

### 图 版 19

1. 牛(*Bos* sp.)右侧角心, 额视,  $\times 1/2$ 。
2. ? 原始牛(*Bos? primigenius*)大趾骨, 前面视,  $\times 1/2$ 。
3. 同上, 右侧胫骨, 前面视,  $\times 1/4$ 。
4. 同上, 左侧大掌骨, 前面视,  $\times 1/2$ 。
5. 同上, 右侧肱骨, 前面视,  $\times 1/4$ 。

**LATE PLEISTOCENE MAMMALIAN FOSSILS FROM THE  
EASTERN BORDER OF QINGHAI-XIZANG PLATEAU**

Zong Guanfu

Xu Qinqi

Institute of Vertebrate Paleontology and  
Paleoanthropology, Academia Sinica

Abstract

In 1982 the brigade of Vertebrate Paleontology of Qinghai Xizang plateau expedition team received for identification some mammalian fossils collected by Regional Survey Brigade, Bureau of Geology of Sichuan province near Sochinssu in Ruo Ergai, Apat Tibetan Autonomous region on the eastern bank of the Huangho River. The small collection of fossils and the fossils recorded by Chou (1959) were found in the same bed and locality. It includes the following mammalian forms:

*Equus* sp.

*Coelodonta antiquitatis*

*Gazella przewalskyi*

*Bos* sp.

*Bos?* *primigenius*.

*Equus* sp. (HI-5-GJ-3)

The shoulder bone is big and not unlike that of the wild hemionus in size.

*Coelodonta antiquitatis* (HI-5-GJ-13)

The tooth is fundamentally similar to those of typical woolly rhinoceros.

*Bos* sp. (HI-5-GJ-5; HI-5-GJ-12)

The *Bos* sp. may have resembled the modern *Bos grunniens* more than the *Bison exiguus*, but *Bos?* *primigenius*, may have resembled the *Bos primigenius* in size and general structure.

*Gazella cf przewalskyi* (HI-6-HJ-2)

The horn core resembles those of *G. przewalskyi* of Salawus (Sjara-os-gol) fauna.

The geological age of the fossils is regarded as late Pleistocene. However, judging from the degree of fossilization and condition of preservation of the specimens, it may correspond to Early Holocene.

## 14. 横断山脉花岗岩类时代

张玉泉 戴樟谟 谢应雯 胡国相 洪阿实

(中国科学院地球化学研究所)

横断山脉地区花岗岩类出露广泛,并呈带状分布,从东到西分别为安宁河岩带、金沙江-哀牢山岩带、澜沧江岩带和怒江岩带。

### 一、岩带概况

1. 安宁河岩带:位于康滇地轴中南部位,呈南北方向延展。在康滇地轴中段的泸定、石棉、西昌、冕宁和渡口一带,岩体出露广泛,而且比较连续。南段出露的岩体相对较少,且不连续。主要岩性是闪长岩、花岗闪长岩和不同类型的花岗岩。其次是基性岩和碱性岩,但出露面积都比较小。

2. 金沙江-哀牢山岩带:该岩带沿金沙江-哀牢山及两侧分布。由南到北,岩带由北转为北北西方向延伸。组成此带岩体,规模相对较小,但岩性种类较多。如中性的闪长岩,中酸性的花岗闪长岩,酸性的斑状黑云母花岗岩、黑云母花岗岩和二云母花岗岩,碱性的有霞石正长岩、正长岩、辉石正长岩、角闪正长斑岩和花岗正长斑岩等。

3. 澜沧江岩带:主体部分沿澜沧江及两侧分布,呈北北西方向延伸。组成此带的岩体规模大,如临沧、东达山等岩体多呈巨大的岩基产出。组成此带岩体规模虽大,但岩性相对较单一,主要是中酸性的花岗闪长岩,而酸性的花岗岩出露面积较少。

4. 怒江岩带:组成此带的岩体,多出露在怒江以西地区,主要是酸性的,有斑状黑云母花岗岩、含斑黑云母花岗岩、黑云母花岗岩、二云母花岗岩和电气石白云母花岗岩等,其次是中酸性的花岗闪长岩,出露的面积较小。此岩带向北和西藏地区的察隅花岗岩类相接。

在上述的岩带中,部分岩体出现片麻状构造,如哀牢山、临沧岩体的东侧景洪、凤庆、昌宁以及怒江岩带中黄草坝、黑石山和贡山以西的双拉娃等岩体,岩性有花岗闪长岩和不同类型的花岗岩等。

以上呈带状分布的花岗岩类的时代,在前人工作基础上,较系统地测定了各岩带及不同类型的岩石同位素地质年龄,到目前为止已完成近40多个岩体年龄测定,获得70多个年龄数据,基本上反映了横断山脉地区岩带的时代。

### 二、结果和讨论

横断山脉地区的花岗岩类不同类型的岩石,测定的同位素年龄结果如表1。

对测定年龄的黑云母,在富集之后,再经双目镜挑选,纯度高,十分新鲜。另外,在表1中列出的云母年龄,它所属的岩体,从岩石薄片鉴定结果,有三种情况:(1)属于岩浆阶段结晶的,对后期热动力作用影响不大。这类黑云母是板状,晶体大。大小与它所属岩石粒度相对应,如中粗粒结构的岩石,黑云母一般是1—3毫米,多色性强,干涉色高,平行消光。晶体内部副矿物包体多,在锆石等矿物周围常出现晕圈,这类黑云母测定的年龄,基

表1 横断山脉花岗岩类同位素地质年龄数据

| 岩带名称       | 岩体名称 | 编 号     | 岩 石 名 称            | 矿 物   | K %  | Ar <sup>40</sup> 克<br>分子/克<br>( $\times 10^{-9}$ ) | Ar <sup>40</sup> /<br>K <sup>40</sup> | 年 龄<br>(百万年) |
|------------|------|---------|--------------------|-------|------|----------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------|
| 康滇地<br>轴岩带 | 九道湾  | 81—20   | 中细粒斑状黑云母花岗岩        | 黑云母   | 6.50 | 5.7881                                             | 6.4718                                | 867.4        |
|            | 小五岳  | 81—27   | 白云母花岗岩             | 白云母   | 8.31 | 11.6000                                            | 4.6770                                | 665.5        |
|            | 峨 山  | 81—32   | 黑云母花岗岩             | 黑云母   | 6.66 | 12.4894                                            | 6.2831                                | 847.0        |
|            | 峨 山  | 81—39   | 闪长岩                | 黑云母   | 6.32 | 8.3807                                             | 4.4430                                | 637.5        |
| 金沙江—哀牢山带   | 白沙冲  | 81—200  | 中细粒黑云母花岗岩          | 黑云母   | 7.25 | 1.0681                                             | 4.8702                                | 81.9         |
|            | 马拉格  | 81—266  | 细粒黑云母花岗岩           | 黑云母   | 6.75 | 0.9885                                             | 4.9065                                | 82.0         |
|            | 马拉格  | 81—274  | 斑状黑云母花岗岩           | 黑云母   | 7.05 | 1.0517                                             | 4.9982                                | 84.0         |
|            | 马拉格  | 81—282  | 含斑黑云母花岗岩           | 黑云母   | 7.10 | 1.0444                                             | 4.9287                                | 82.9         |
|            | 个 旧  | 81—295  | 正长岩                | 黑云母   | 7.42 | 1.1104                                             | 4.9790                                | 83.7         |
|            | 个 旧  | 81—299  | 霞石正长岩              | 黑云母   | 7.14 | 0.9572                                             | 4.4918                                | 75.7         |
|            | 铜 厂  | 81— 78  | 角闪石正长斑岩            | 黑云母   | 7.59 | 0.4898                                             | 2.1616                                | 36.8         |
|            | 哀牢山  | 81—148  | 二长花岗岩              | 黑云母   | 7.24 | 0.3772                                             | 1.7453                                | 29.8         |
|            | 哀牢山  | 81—153  | 片麻状中粗粒斑状黑云母<br>花岗岩 | 黑云母   | 7.46 | 0.4638                                             | 2.0844                                | 35.5         |
|            | 哀牢山  | 81—172  | 中粗粒二云母花岗岩          | 白云母   | 8.31 | 0.4637                                             | 1.6279                                | 27.8         |
|            | 桌 潘  | 81—751  | 辉石正长岩              | 黑云母   | 7.53 | 0.4937                                             | 2.1975                                | 37.4         |
|            | 甸 南  | 81—862  | 正长斑岩               | 黑云母   | 7.30 | 0.4700                                             | 2.1559                                | 36.7         |
|            | 香 多  | 81—899  | 正长斑岩               | 黑云母   | 7.28 | 0.4625                                             | 2.1287                                | 36.3         |
|            | 香 多  | 81—911  | 正长岩                | 黑云母   | 7.51 | 0.4251                                             | 1.9411                                | 33.1         |
|            | 姚 安  | 81—974  | 花岗正长斑岩             | 黑云母   | 7.20 | 0.4228                                             | 1.9677                                | 33.6         |
| 澜沧江岩带      | 临 沧  | 81—335  | 片麻状花岗闪长岩           | 黑云母   | 7.53 | 0.7129                                             | 1.3235                                | 214.5        |
|            | 临 沧  | 81—370  | 粗粒斑状花岗闪长岩          | 黑云母   | 7.69 | 3.0757                                             | 1.3404                                | 217.0        |
|            | 临 沧  | 81—382  | 细粒花岗闪长岩            | 黑云母   | 6.77 | 2.7897                                             | 1.3810                                | 223.3        |
|            | 临 沧  | 81—410  | 不等粒黑云母花岗岩          | 黑云母   | 6.45 | 2.3558                                             | 1.2237                                | 199.0        |
|            | 临 沧  | 81—429  | 中粒花岗闪长岩            | 黑云母   | 7.06 | 2.8176                                             | 1.3371                                | 216.6        |
|            | 临 沧  | 81—433  | 粗粒斑状花岗闪长岩          | 黑云母   | 6.94 | 2.4375                                             | 1.0118                                | 191.9        |
|            | 碧 江  | 81—831  | 片麻状斑状花岗闪长岩①        | 黑云母** | 7.92 | 1.1038                                             | 4.6696                                | 78.6         |
|            | 碧 江  | 81—831  | 片麻状斑状花岗闪长岩②        | 黑云母** | 7.92 | 1.0165                                             | 4.3001                                | 72.5         |
| 怒江岩带       | 黄草坝  | 81—509  | 片麻状斑状黑云母花岗岩        | 黑云母** | 7.19 | 0.4374                                             | 2.0375                                | 34.7         |
|            | 黄草坝  | 81—509  | 片麻状斑状黑云母花岗岩        | 黑云母*  | 7.19 | 0.3822                                             | 1.7805                                | 30.4         |
|            | 平 河  | 81—517  | 角闪石黑云母花岗岩          | 黑云母   | 7.41 | 6.6712                                             | 3.0172                                | 456.3        |
|            | 平 河  | 81—538  | 中细粒黑云母花岗岩          | 黑云母   | 6.93 | 0.8397                                             | 4.0607                                | 68.6         |
|            | 平 河  | 81—513  | 细粒二云母花岗岩           | 黑云母   | 7.23 | 0.5926                                             | 2.7363                                | 46.5         |
|            | 平 河  | 81—546  | 中粒二云母花岗岩           | 黑云母   | 7.01 | 0.4932                                             | 2.3578                                | 40.1         |
|            | 平 河  | 81—548  | 片麻状斑状花岗闪长岩         | 黑云母   | 7.65 | 0.5582                                             | 2.4454                                | 41.6         |
|            | 黄连沟  | 81—562  | 粗粒斑状黑云母花岗岩         | 黑云母①  | 7.54 | 0.3888                                             | 1.7267                                | 29.5         |
|            | 黑石山  | 81—565  | 片麻状斑状黑云母花岗岩        | 黑云母①  | 7.10 | 0.3149                                             | 1.4859                                | 25.4         |
|            | 棒棍光山 | 81— 574 | 斑状黑云母花岗岩           | 黑云母②  | 6.80 | 0.4830                                             | 2.3946                                | 40.7         |

(续表)

| 岩带名称             | 岩体名称 | 编 号    | 岩 石 名 称   | 矿 物 | K %  | Ar <sup>40</sup> 克<br>分子/克<br>( $\times 10^{-9}$ ) | Ar <sup>40</sup> /<br>K <sup>40</sup> | 年 龄<br>(百万年) |
|------------------|------|--------|-----------|-----|------|----------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------|
| 怒<br>江<br>岩<br>带 | 癞痢山  | 81—606 | 黑云母花岗岩    | 黑云母 | 7.03 | 0.6737                                             | 3.1991                                | 54.2         |
|                  | 癞痢山  | 81—622 | 斑状黑云母花岗岩  | 黑云母 | 7.12 | 0.6600                                             | 3.1056                                | 52.7         |
|                  | 勐 连  | 81—654 | 细粒黑云母花岗岩  | 黑云母 | 7.27 | 1.6682                                             | 5.9679                                | 99.9         |
|                  | 铁窑山  | 81—665 | 不等粒黑云母花岗岩 | 黑云母 | 6.78 | 1.6505                                             | 7.0861                                | 118.0        |
|                  | 古 永  | 81—701 | 斑状黑云母花岗岩  | 黑云母 | 6.85 | 0.8973                                             | 4.3890                                | 74.0         |
|                  | 华 水  | 81—713 | 含斑黑云母花岗岩  | 黑云母 | 7.12 | 0.6765                                             | 3.1834                                | 53.0         |

① 重结晶黑云母

② 动力扰动黑云母

本上是代表岩体侵入时间，反映岩体冷凝结晶的年龄；（2）岩体侵入后，经受过热动力作用出现重结晶现象。在岩浆阶段结晶的黑云母，仅保留残体，而主要是重结晶的黑云母，特点是云母晶体小，一般是0.0011—0.011毫米不等，并且多呈集合体堆积和沿定向裂隙充填，有的充填X裂隙。晶体内部很少有副矿物包体，多色性弱，干涉色低。这类云母年龄，在横断山脉地区或是在西藏南部，其年龄值多数是在30—20百万年，基本上是反映岩体重结晶的时间，属于重结晶年龄；（3）岩体侵入后，经受过热动力作用，还保存岩浆阶段结晶的特点，如云母的形态、大小和晶体内部多副矿物包体等，但黑云母出现弯曲、破裂和部分铁的析出，同时可见到少量重结晶的黑云母出现。这种云母的年龄值比岩体侵入时间要晚得多。从薄片鉴定结果来看，云母主要是岩浆阶段结晶的，但年龄值又很年轻，而且年龄值变化范围也比较大。属于这类年龄的，在这次测定的年龄中是30—70百万年，而这些年龄都比它所属的岩体年龄年轻。这类年龄值的不一致，是由于云母在动力作用之下产生弯曲破裂和呈现波状消光，同时导致云母结构产生变形，引起气体Ar的丢失，导致年龄值年轻化。由于测定年龄的岩体所处的构造部位不同，受动力作用的程度有所差别，Ar丢失的程度也不相同，所以年龄值也不一致。这类云母年龄值，既不代表岩体侵入时间，又不能代表热动力作用的主要时间，只是反映它所属的岩体曾经受过热动力作用，这类年龄属于动力扰动年龄。由于动力作用使年龄年轻化。模拟实验的初步结果，已证实了这一设想。模拟实验是在常温下加压，时间是5分钟，在20千巴的条件下，测得年龄值是350百万年（未经加压实验的黑云母年龄是456百万年），在40千巴的条件下，测得年龄值是300百万年。实验证明在压力条件下，气体Ar会丢失，压力越大Ar丢失的越多，其年龄值就越年轻，这就完全说明了受过动力作用明显的花岗岩年龄年轻化的原因。

1. 花岗岩类的时代

以上测定年龄的黑云母，尽管都是新鲜的，由于受到后期的地质作用，有的出现重结晶，有的虽未出现重结晶现象，但由于受到后期动力作用的影响，使云母结构产生变形和Ar的丢失，使我们获得的年龄值不完全都是岩体侵入时间。现根据表1中黑云母钾-氩年龄，结合岩体产状以及岩石薄片研究结果，有以下几点认识：

花岗岩类侵入活动，从目前已有的年龄数据，基本上有七期花岗岩类岩浆侵入活动。

第一期岩浆侵入，时代为晋宁期，年龄是867—847百万年。这次岩浆侵入活动主要是在康滇地轴及南延部分，如九道湾岩体中的中细粒斑状黑云母花岗岩，峨山岩体中的中粒黑云母花岗岩等。

第二期岩浆侵入,时代为澄江期,年龄是665—637百万年。这期岩浆侵入活动也是在康滇地轴南延部分,如九道湾岩体南侧小五岳岩体中白云母花岗岩,峨山岩体中闪长岩。

第三期岩浆侵入,时代为加里东期,年龄是456百万年,仅有平河岩体中角闪石黑云母花岗岩,这期岩浆侵入活动规模小,仅局部地段出现。

第四期岩浆侵入,时代为海西期,年龄347百万年<sup>①</sup>,如挖色岩体等。

第五期岩浆侵入,时代为印支期,年龄是223—191百万年,如临沧、德钦等岩体。岩性主要是花岗闪长岩,其次是花岗岩。这一时代的花岗岩类较集中的分布在澜沧江岩带中,在金沙江—哀牢山岩带中也有分布。

第六期岩浆侵入,时代为燕山期,年龄是112—68百万年。岩性有斑状黑云母花岗岩和黑云母花岗岩等,在怒江岩带中分布广,而澜沧江和金沙江—哀牢山岩带中亦有分布,但范围比较小。

第七期岩浆侵入,时代为喜马拉雅期,年龄是54—27百万年。岩性有中细粒黑云母花岗岩、二长花岗岩、中粗粒二云母花岗岩、角闪石正长岩、辉石正长岩和云母石英正长斑岩等。此期侵入体,除澜沧江岩带出露较少外,而金沙江—哀牢山和怒江岩带中分布较广。

2. 岩带时代:安宁河岩带的南延部分,花岗岩类的时代,现有数据的年龄值是867—637百万年,属于晋宁—澄江期;金沙江—哀牢山岩带,年龄范围347—27百万年,属于海西期—喜马拉雅期,在此带中分布较广泛的富碱侵入体,年龄为36—27百万年,属于喜马拉雅期,相当渐新世—中新世;澜沧江岩带,不同类型岩石黑云母年龄,范围在223—80百万年,属于印支期—燕山晚期,但此带的主体岩石,年龄为223—191百万年,属于印支期。而燕山晚期的岩体仅局部地段出露;怒江岩带,除个别岩体时代较老外,其余岩体时代较新,年龄是112—54百万年,属于燕山晚期—喜马拉雅期,相当白垩纪到早第三纪。

此外,在该区花岗岩类重结晶的年龄是30—20百万年。

本工作是在涂光炽教授指导下完成的。工作期间得到陈毓蔚、范嗣昆、于津生等同志的支持和帮助。野外考察期间,云南省地质局,西南冶金勘探公司等有关单位的支持和帮助,在此一并致谢!

## AGE OF GRANITOIDS IN THE HENGDUAN RANGE

Zhang Yuquan Dai Tongmo Xie Yingwen Hu Guoxiang Hong Ashi

Institute of Geochemistry, Academia Sinica

### Abstract

Sixty-nine age determinations have been made using (K-Ar) method on biotites in granitoids from the four petrographical belts in extending along the Hengduan Range. The results show that magmatism responsible for those granitoids in the Hengduan Range can be divided into seven episodes: Jinningian, Chengjiangnian, Caledonian, Haixionoan, Indosinian, Late Yanshanian, and Himalayan.

Isotopic geological ages of the four petrographical belts are: 867—637 m. y. for the Anning He Belt, corresponding to Jinningian-Chengjiangnian;

<sup>①</sup> 全国同位素地质年龄数据汇编, 1975年5月



Isotopic ages ranging from 347 to 27 m.y. for the Ailaoshan-Jinshajiang Belt, belonging to Haixinian-Himalayan; 223—191 m. y. for the Lancangjiang Belt, belonging to Indosinian, in which alkaline rocks aged from 37 to 27 m. y. occurred and are belonging to Himalayan; 112—46 m. y. for the Nujiang Belt, equivalent to Late Yanshanian-Himalayan.

# 15. 横断山地区前寒武纪含锡花岗岩 地球化学特征初步研究

谢应雯 张玉泉 胡国相

(中国科学院地球化学研究所)

前寒武纪花岗岩,在横断山脉地区主要出露在康滇地轴一带,沿大渡河、安宁河及其两侧分布,向南延到物茂、峨山等地,呈南北向展布。它是康滇地轴岩杂岩带的重要组成部分。1981—1982年野外考察期间涉及到的岩体(见图1),从北到南有康定、泸定、石棉、栗子树、磨盘山、摩挲营、泸沽、物茂、九道湾和峨山等岩体。它们多呈岩基侵入于前震旦纪地层中,震旦纪地层不整合覆盖其上。据现有的同位素地质年龄多在800百万年左右,属于晋宁期的产物。上述岩体,特别是有锡矿化的(如摩挲营、九道湾等)岩体,前人做过的工作比较多,但多侧重于矿床方面,而对岩体本身的地球化学工作较少。近两年来,我们在研究本区花岗岩地球化学的同时,特别注意含锡花岗岩的地球化学工作。目前大部分分析测试工作正在进行中,所以只能根据已获得的部分数据,并以摩挲营岩体为例,对含锡花岗岩提出几点初步认识。

## 一、摩挲营岩体

### 1. 地质概况

摩挲营岩体位于德昌县以南,出露面积为250平方公里,为一近南北向分布的岩基,侵入于上昆阳群中。在摩挲营以西白石岩处,斑状黑云母花岗岩侵入上昆阳群的石英岩中,在接触部位出现热变质现象。另外部分地区可见震旦系与岩体沉积接触。在德昌锦川桥东刘家梁子,下震旦统激江砂岩与岩体呈沉积接触。在岩体内部主要岩石类型之间也是侵入接触,如叉河矿部南边河沟内,可见含斑二云母花岗岩和电气石二云母花岗岩两者侵入接触关系。因此,对摩挲营岩体来说,除不同类型的脉岩外,主体岩石至少有三次规模较大的酸性岩浆侵入活动:第一次侵入是斑状黑云母花岗岩,第二次侵入是含斑二云母花岗岩,第三次侵入是电气石二云母花岗岩。所以,摩挲营岩体是一个多期次的复式侵入体。而叉河锡矿就位于此岩体的第三次侵入的电气石二云母花岗岩的内外接触带内。

### 2. 岩体时代

从岩体侵入于前震旦纪地层中,且与其上的下震旦统地层呈不整合接触的事实,说明岩体开始侵入时间是在震旦纪以前。在同位素地质年龄方面,早期侵入的斑状黑云母花岗岩,过去有一个829百万年的数据<sup>①</sup>。从岩石薄片观察发现,此期侵入体后期云英岩化和黑云母普遍存在绿泥石化现象,说明这类黑云母的年龄不能反映岩体侵入的时间。我们测定的后期云英岩化的白云母,年龄值在800百万年左右。因此,早期侵入的斑状黑云母花岗岩的同位素地质年龄,远比现在所获得的年龄值大。第二次侵入的含斑二云母花岗岩,测定的白云母年龄是700百万年左右,黑云母年龄仅有557百万年(此期黑云母也是受后期热液的影响,明

<sup>①</sup> 全国同位素地质年龄数据汇编1975

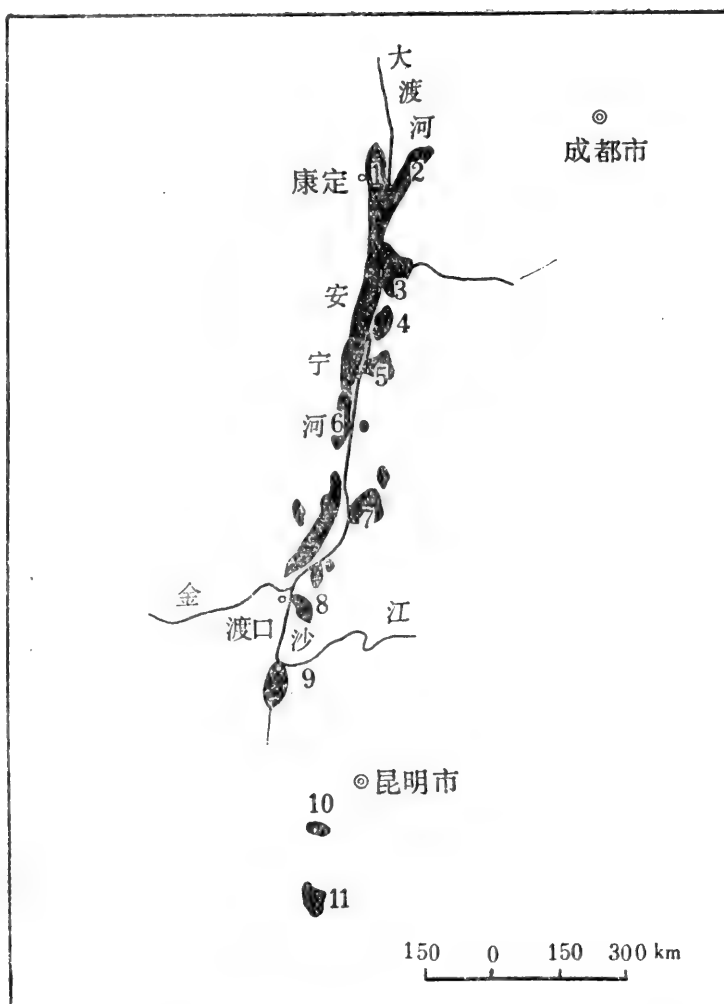


图1 横断山地区前寒武纪花岗岩分布示意图

1. 康定岩体, 2. 泸定岩体, 3. 石棉岩体, 4. 栗子树岩体,  
5. 泸沽岩体, 6. 磨盘山岩体, 7. 摩挲岩岩体, 8. 秧田坡岩  
体, 9. 物茂岩体, 10. 九道湾岩体, 11. 峨山岩体

显地绿泥石化, 年龄值多偏低)。以上我们给出的年龄值虽然是初步结果, 但仍可说明摩挲岩体的时代, 属于晋宁—澄江期。另外, 从花岗岩中的锡含量和矿化部位, 说明摩挲岩体中锡矿化与澄江期二云母花岗岩有关。

### 3. 岩石特点

早期侵入岩是中粗粒似斑状结构的灰色岩石, 斑晶是微斜长石, 含量20%左右, 较自形, 其大小多在 $1.5 \times 2 - 2 \times 3 \text{ cm}^2$ 。基质成分(%)由斜长石(20—25)、微斜长石(30—35)、石英(20—35)和黑云母(8—10)等组成; 其中斜长石是半自形短板状,  $An = 28$ , 普遍产生绢云母化; 微斜长石格子双晶特别发育。

第二次侵入岩, 是斑状或不等粒结构的灰白色岩石, 其中长石斑晶自形程度高, 其大小以 $0.5 \times 1 - 1 \times 2 \text{ cm}^2$ 较多, 但含量在3%以下。造岩矿物由斜长石(20—30)、微斜长石(30—35)、石英(35—38)、黑云母(3—5)和白云母(3—5)等组成, 有时可见电气

石。其中斜长石多呈长板条状，绢云母化弱， $An = 13$ 。微斜长石格子双晶不太明显，黑云母有绿泥石化现象。

第三次侵入岩，是中粒等粒结构的灰白色岩石，具花岗岩结构。矿物成分由斜长石（15—18）、微斜长石（30—32）、石英（38—40）、黑云母（2—3）、白云母（2—3）和电气石（2—3）等组成。其中斜长石， $An = 8$ 。微斜长石格子双晶很少。后期蚀变比前两次侵入岩石相对较弱。

#### 4. 岩石化学

对三种主要岩石类型的岩石，共做了六个岩石化学全分析，其结果列于表 1。可以看出，同一侵入阶段的岩石，尽管取样地点不同，但岩石化学成分十分相近；而不同阶段的岩石化学成分差别则比较显著。然而，从总的来看，不同侵入阶段的岩石化学成分之间，既有差异（含量不同），又有相似性（它们皆属于铝过饱和岩石系列，而且 $K_2O > Na_2O$ ）。这反映它们属于同源岩浆演化和分异的特点。随着岩浆演化和分异的结果，反映出岩浆侵入由早期到晚期，化学成分递增或递减的规律性特别明显。含量递增的有  $SiO_2$ : 70.36→73.28→73.76,  $Na_2O$ : 1.83→2.88→2.91,  $K_2O$ : 3.73→4.59→4.39; 含量递减的有  $TiO_2$ : 0.56→0.27→0.21,  $Al_2O_3$ : 14.53→13.52→12.90,  $MgO$ : 0.60→0.28→0.20,  $CaO$ : 1.26→0.20→0.72,  $P_2O_5$ : 0.19→0.18→0.16。只有铁的含量是由减少到增加的现象，即  $Fe_2O_3$ : 1.83→0.55→0.60,  $FeO$ : 3.81→1.61→1.69。

#### 5. 微量元素

对三种主要岩石类型共分析 6 个样品，已完成 17 个单项分析，其结果见表 2。可以看出，它和主元素一样，同次侵入的岩石，尽管取自岩体的不同部位，但同一种元素的含量却很近似；而不同侵入阶段的岩石中，元素含量的差别则比较明显。其特点是：不同侵入阶段的岩石中， $Sn$ 、 $W$ 、 $Nb$ 和 $Ta$ 等元素含量都高，且远远大于世界花岗岩的平均值， $Sn$ 最高的大 6 倍， $W$ 大 10 倍， $Nb$ 、 $Ta$ 等大 2—4 倍；而 $Be$ 、 $Zr$ 、 $Cu$ 、 $Pb$ 、 $Ga$ 、 $Sr$ 、 $Ba$ 、 $V$ 和 $Ni$ 等都低于世界花岗岩平均值，只有 $Mo$ 近似。

表 1 摩挲岩体的化学成分 (%)

| 岩石名称      | 编号     | $SiO_2$ | $TiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | $FeO$ | $MnO$ | $MgO$ | $CaO$ | $Na_2O$ | $K_2O$ | $P_2O_5$ | $H_2O^+$ | $H_2O^+$ |
|-----------|--------|---------|---------|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|----------|----------|----------|
| 斑状黑云母花岗岩  | 82-410 | 69.96   | 0.54    | 14.95     | 0.94      | 3.77  | 0.10  | 0.71  | 1.08  | 1.75    | 3.96   | 0.22     | 0.11     | 1.69     |
|           | 82-411 | 70.76   | 0.58    | 14.11     | 0.72      | 3.85  | 0.09  | 0.48  | 1.44  | 1.90    | 3.49   | 0.16     | 0.17     | 1.28     |
|           | 平均     | 70.36   | 0.56    | 14.53     | 0.83      | 3.81  | 0.10  | 0.60  | 1.26  | 1.83    | 3.73   | 0.19     | 0.14     | 1.49     |
| 含斑二云母花岗岩  | 82-402 | 73.00   | 0.28    | 13.46     | 0.56      | 1.61  | 0.06  | 0.32  | 1.56  | 2.90    | 4.59   | 0.20     | 0.12     | 1.06     |
|           | 82-403 | 73.56   | 0.26    | 13.55     | 0.54      | 1.61  | 0.07  | 0.24  | 0.84  | 2.86    | 4.59   | 0.16     | 0.10     | 0.95     |
|           | 平均     | 73.28   | 0.27    | 13.52     | 0.55      | 1.61  | 0.07  | 0.28  | 1.20  | 2.88    | 4.59   | 0.18     | 0.11     | 1.01     |
| 电气石二云母花岗岩 | 82-406 | 72.56   | 0.26    | 12.71     | 0.61      | 1.99  | 0.07  | 0.24  | 0.84  | 2.87    | 4.51   | 0.16     | 0.61     | 1.67     |
|           | 82-407 | 74.96   | 0.16    | 13.03     | 0.59      | 1.38  | 0.01  | 0.16  | 0.60  | 2.94    | 4.26   | 0.16     | 0.19     | 0.83     |
|           | 平均     | 73.76   | 0.21    | 12.90     | 0.60      | 1.69  | 0.05  | 0.20  | 0.72  | 2.91    | 4.39   | 0.16     | 0.40     | 1.25     |

分析者：李荪磐

从早期到晚期侵入岩中，微量元素含量呈现规律性的变化(图 2)。递减的有 $Zr$ 、 $RE_2O_3$ 、 $Cu$ 、 $Sr$ 、 $Ba$ 、 $V$ 、 $Sc$ ；递增的有 $W$ 、 $Sn$ 、 $Ta$ 、 $Pb$ 、 $Ga$ 、 $Be$ 和 $Nb$ 。

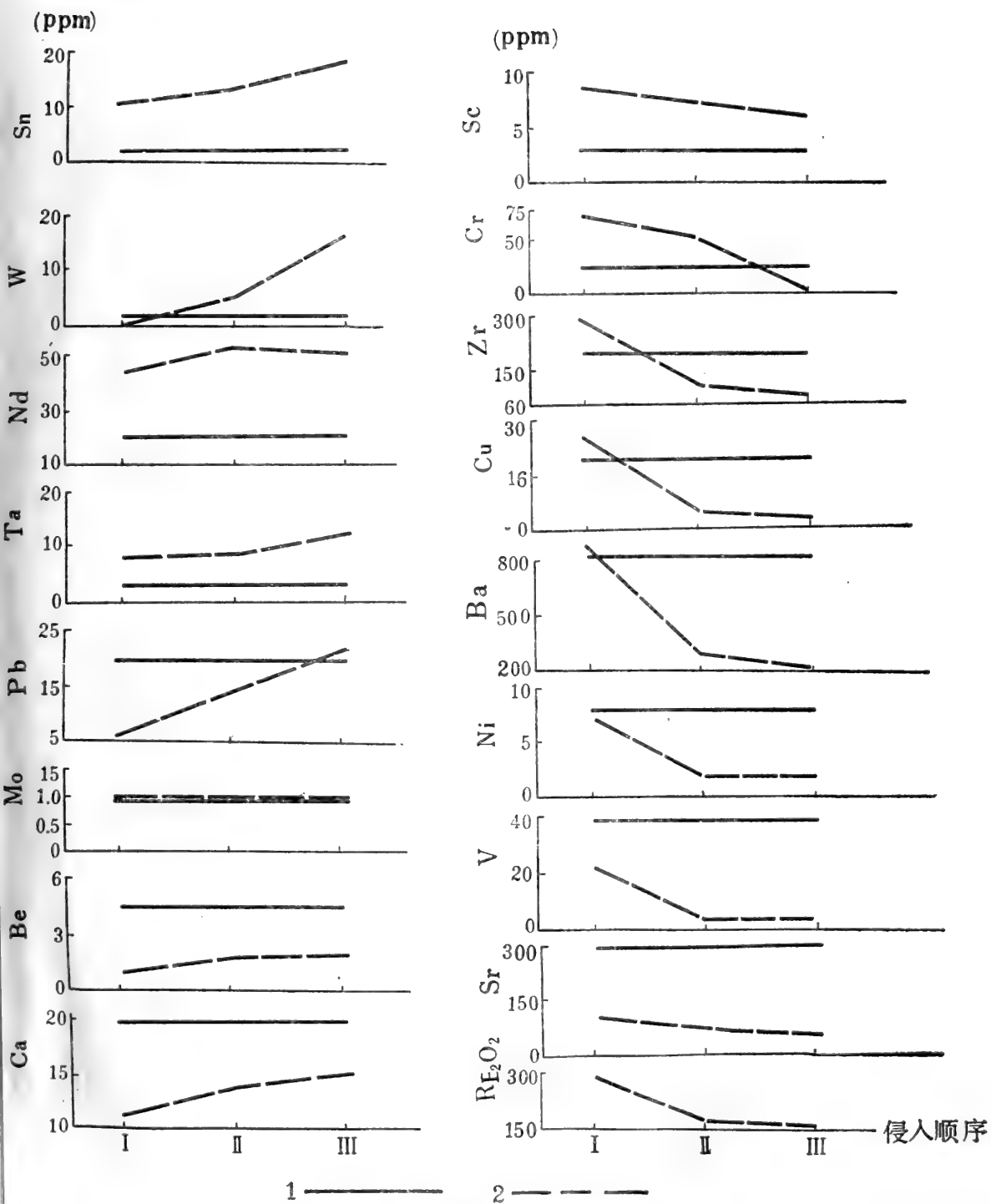


图2 摩挲岩体的微量元素的变化  
1, 克拉克值; 2, 实测元素含量

表2 摩挲营岩体的微量元素 (ppm)

| 岩石名称      | 编号     | W    | Sn | Mo  | Be  | Nb | Ta   | Zr  | Re <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Cu | Pb | Ga | Sc  | Ba  | V  | Ni | Cr  | Sc  |
|-----------|--------|------|----|-----|-----|----|------|-----|--------------------------------|----|----|----|-----|-----|----|----|-----|-----|
| 斑状黑云母花岗岩  | 81-410 | 1.2  | 11 | 1.7 | 1   | 59 | 9    | 280 | 297                            | 37 | 7  | 12 | 140 | 950 | 23 | 8  | —   | 7   |
|           | 82-411 | 0.3  | 13 | 1.5 | 1   | 28 | 7    | 244 | 272                            | 10 | 5  | 10 | 70  | 720 | 18 | 6  | 130 | 9   |
|           | 平均     | 0.8  | 12 | 1.6 | 1   | 43 | 8.2  | 262 | 285                            | 24 | 6  | 11 | 105 | 835 | 22 | 7  | 70  | 8.5 |
| 含斑二云母花岗岩  | 82-402 | 3.9  | 15 | 0.5 | 1.4 | 68 | 9    | 168 | 173                            | 6  | 15 | 12 | 120 | 350 | 4  | 2  | 100 | 7   |
|           | 82-403 | 6    | 13 | 0.7 | 3   | 55 | 9    | 90  | 149                            | !  | 12 | 15 | 20  | 270 | 4  | 1  | —   | 7   |
|           | 平均     | 5    | 14 | 0.6 | 2   | 62 | 9    | 129 | 161                            | 5  | 14 | 14 | 70  | 310 | 4  | 2  | 50  | 7   |
| 电气石二云母花岗岩 | 82-405 | 17.7 | 19 | 0.7 | 3   | 52 | 9    | 114 | 182                            | 3  | 35 | 13 | 80  | 250 | 3  | 2  | —   | 5   |
|           | 82-407 | 13.3 | 13 | 0.7 | 1.1 | 47 | 15   | 53  | 132                            | 4  | 9  | 13 | 20  | 180 | 2  | 2  | —   | 7   |
|           | 平均     | 15.5 | 18 | 0.7 | 2   | 50 | 12.3 | 85  | 157                            | 3  | 22 | 15 | 60  | 215 | 3  | 2  | —   | 6   |
| 花岗岩       | 克拉克值   | 1.5  | 3  | 1   | 5.5 | 20 | 3.5  | 200 |                                | 20 | 20 | 20 | 300 | 830 | 40 | 8  | 25  | 3   |

分析者: 杨绍霖 杨启顺 史富生 雷剑泉 王正珍 来宝宽 任学谦

上述Sn、W、Nb、Ta等元素演化的规律, 进一步说明复式岩体中, 晚期侵入体是锡成矿的母岩。

## 二、锡矿化花岗岩的指示剂

从目前已知锡矿化比较好的摩挲营和小五岳岩体来看, 都是多期侵入的复式岩体, 时代为晋宁—微江期, 而锡矿化常在复式岩体的晚期侵入体的内外接触带。如叉河锡矿, 就是在摩挲营花岗岩体的第三次侵入的二云母花岗岩接触带富集成矿。小五岳砂锡矿床是在岩体附近富集, 同时在岩体中也找到原生锡矿脉。小五岳岩体位于九道湾岩体南侧, 与锡矿化有关的岩性, 相当于九道湾岩体中第三次侵入的斑状黑云母花岗岩。因此, 锡矿化好的岩体, 多是复式岩体; 对同一个复式岩体来说, 中晚期侵入的岩体内外接触带部位, 更有利于锡的富集成矿。

另外, 锡矿化好的花岗岩, 化学成分中SiO<sub>2</sub>一般大于70%, K<sub>2</sub>O > Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O > 6.5—7。而且属于铝过饱和岩石系列。

花岗岩中某些元素的地球化学演化与锡的含量有着密切的关系。那些在岩浆演化或在热液作用和交代作用过程中浓度变化很大的元素, 可能是适合寻找锡矿化地球化学的指示剂, 通常, 地球化学指示剂是指岩石或矿物中两种元素的比值。在康滇地轴上的前寒武纪花岗岩中, 锡含量的高低与TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub>、CaO + MgO/SiO<sub>2</sub>、K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O、Ga/Al、TiO<sub>2</sub>/Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、W + Mo/Al等的比值有着密切的关系, 见表3、图3。例如与叉河锡矿有关的摩挲营岩体中, TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>的比值, 从早期侵入阶段到晚期侵入阶段是递减的: 0.008→0.004→0.003, 而锡的含量从早期到晚期是增加的: 12→14→17.5ppm。在康滇地轴岩带中也有同样的现象。含锡高的岩体, TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>比值小, 反之比值则大。所以, TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>比值小有利于锡的富集。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub>、CaO + MgO/SiO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>/Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、ZrO<sub>2</sub>/Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等的比值与TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>比值相类似。然而Ga/Al、W + Mo/Al、K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O的比值则恰与上述情况相反, 即比值大锡含量则高。例如Ga/Al在摩挲岩体中从早期到晚期, 它的比值是逐渐增大

表3 花岗岩类中锡的含量与某些元素的比值

| 岩体  | 岩石类型         | 编号 | Sn(ppm) | $\frac{\text{TiO}_2}{\text{SiO}_2}$ | $\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2}$ | $\frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2}$ | $\frac{\text{K}_2\text{O}}{\text{Na}_2\text{O}}$ | $\frac{\text{Ca}}{\text{Al}}$ | $\frac{\text{W} + \text{Mo}}{\text{Al}}$ | $\frac{\text{TiO}_2}{\text{Ta}_2\text{O}_5}$ | $\frac{\text{ZrO}_2}{\text{Se}_2\text{O}_3}$ |
|-----|--------------|----|---------|-------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 摩挲营 | 斑状黑云母花岗岩     | 1  | 12      | 0.008                               | 0.21                                         | 0.026                                          | 2.04                                             | 0.00029                       | 0.00007                                  | 590                                          | 21                                           |
|     | 含斑二云母花岗岩     | 2  | 14      | 0.004                               | 0.18                                         | 0.020                                          | 1.59                                             | 0.00038                       | 0.00016                                  | 236                                          | 13                                           |
|     | 电气石二云母花岗岩    | 3  | 17.5    | 0.003                               | 0.17                                         | 0.012                                          | 1.51                                             | 0.00046                       | 0.00047                                  | 145                                          | 9                                            |
| 九道湾 | 斑状黑云母花岗岩     | 4  | 6.5     | 0.004                               | 0.17                                         | 0.008                                          | 1.52                                             | 0.00040                       | 0.00015                                  | 1500                                         | 12                                           |
|     | 中粒黑云母花岗岩     | 5  | 17      | 0.004                               | 0.17                                         | 0.015                                          | 1.71                                             | 0.00039                       | 0.00007                                  | 429                                          | 8                                            |
|     | 斑状黑云母花岗岩     | 6  | 18      | 0.004                               | 0.19                                         | 0.018                                          | 1.77                                             | 0.00038                       | 0.00006                                  | 750                                          | 9                                            |
| 小五岳 | 斑状黑云母花岗岩     | 7  | 20      | 0.003                               | 0.17                                         | 0.022                                          | 2.35                                             | 0.00046                       | 0.00010                                  | 575                                          | 16                                           |
|     | 白云母花岗岩       | 8  | 10      | 0.002                               | 0.20                                         | 0.025                                          | 0.89                                             | 0.00038                       | 0.00015                                  | 183                                          | 7                                            |
| 石棉  | 中粗粒黑云母花岗岩    | 9  | 16      | 0.005                               | 0.20                                         | 0.037                                          | 1.29                                             | 0.00035                       | 0.00003                                  | 600                                          | 27                                           |
| 栗子树 | 细粒二云母花岗岩     | 10 | 11      | 0.002                               | 0.14                                         | 0.009                                          | 1.61                                             | 0.00055                       | 0.00010                                  | 400                                          | 11                                           |
|     | 中粒黑云母花岗岩     | 11 | 11      | 0.004                               | 0.16                                         | 0.012                                          | 1.67                                             | 0.00047                       | 0.00003                                  | 650                                          | 16                                           |
|     | 中粒黑云母花岗岩     | 12 | 13      | 0.004                               | 0.18                                         | 0.008                                          | 1.57                                             | 0.00041                       | 0.00004                                  | 700                                          | 38                                           |
| 泸沽  | 中粗粒黑云母花岗岩    | 13 | 16      | 0.003                               | 0.16                                         | 0.012                                          | 2.38                                             | 0.00040                       | 0.00015                                  | 275                                          | 14                                           |
| 磨盘山 | 中粒黑云母花岗岩     | 14 | 5       | 0.006                               | 0.24                                         | 0.068                                          | 0.63                                             | 0.00026                       | 0.00002                                  | 1050                                         | 26                                           |
|     | 细粒黑云母花岗岩     | 15 | 10      | 0.004                               | 0.19                                         | 0.044                                          | 1.09                                             | 0.00038                       | 0.00005                                  | 933                                          | 26                                           |
| 秧田坡 | 细粒黑云母花岗岩     | 16 | 10      | 0.004                               | 0.23                                         | 0.068                                          | 0.30                                             | 0.00028                       | 0.00003                                  | 800                                          | 47                                           |
| 乐果  | 中粒黑云母花岗岩     | 17 | 10      | 0.003                               | 0.16                                         | 0.009                                          | 1.69                                             | 0.00048                       | 0.00009                                  | 333                                          | 24                                           |
| 德昌  | 黑云母花岗岩       | 18 | 10      | 0.004                               | 0.16                                         | 0.011                                          | 1.75                                             | 0.00040                       | 0.00017                                  | 236                                          | 25                                           |
| 康定  | 黑云母花岗岩       | 19 | 3       | 0.005                               | 0.24                                         | 0.068                                          | 0.23                                             | 0.00030                       | 0.00002                                  | 720                                          | 55                                           |
|     | 黑云母花岗岩       | 20 | 10      | 0.004                               | 0.19                                         | 0.035                                          | 0.63                                             | 0.00031                       | 0.00001                                  | 267                                          | 33                                           |
| 物茂  | 中粗粒角闪石黑云母花岗岩 | 21 | 4       | 0.007                               | 0.24                                         | 0.074                                          | 0.39                                             | 0.00026                       | 0.00002                                  | 1600                                         | 34                                           |
|     | 细粒角闪石黑云母花岗岩  | 22 | 6       | 0.009                               | 0.28                                         | 0.083                                          | 0.48                                             | 0.00021                       | 0.00003                                  | 2850                                         | 31                                           |
| 峨山  | 中粒黑云母花岗岩     | 23 | 8       | 0.007                               | 0.23                                         | 0.062                                          | 1.14                                             | 0.00032                       | 0.00002                                  | 4800                                         | 9                                            |

的：0.00029→0.00033→0.00046。在整个岩带中也是如此，含锡高的岩体，Ga/Al比值均大于0.0003。因此，Ga/Al等比值增大，同样有利于锡的富集（图3）。

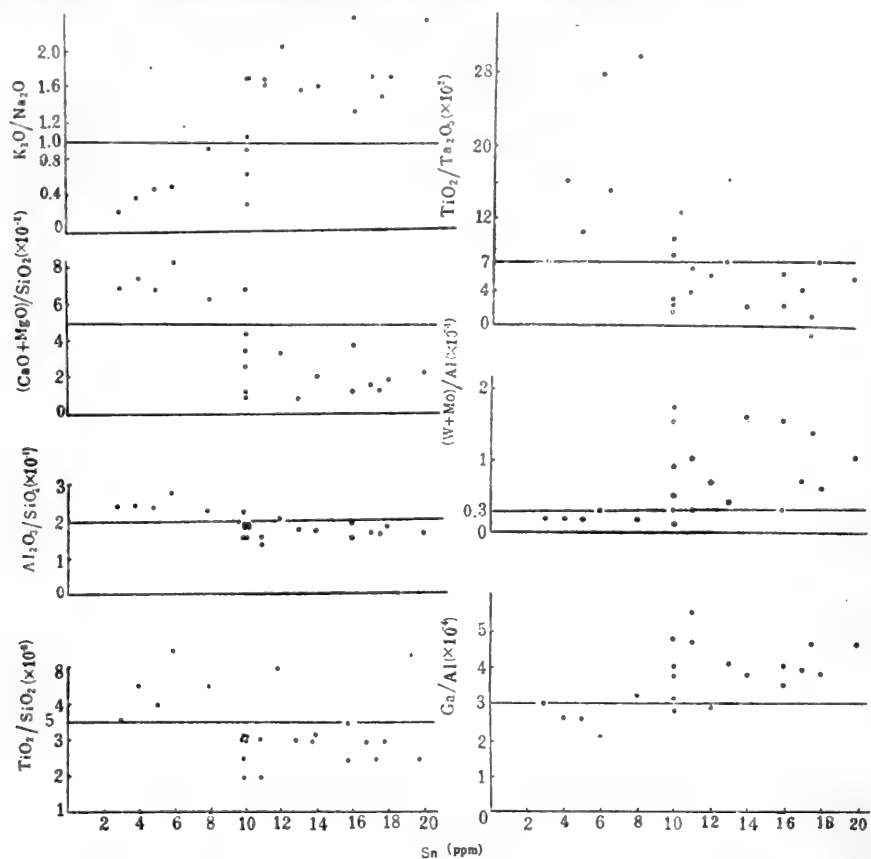


图3 花岗岩类中锡的含量与地球化学指示剂关系图

### 三、几点认识

1. 在复式岩体中，晚期阶段侵入的，时代是晋宁晚期到激江期的花岗岩，岩石类型为黑云母花岗岩、二云母花岗岩和斑状黑云母花岗岩，更有利于锡矿化。
2. 岩石化学成分，SiO<sub>2</sub>一般大于70%，K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O>6.5—7，K<sub>2</sub>O>Na<sub>2</sub>O的铝过饱和和岩石系列，有利于锡矿化。
3. 含锡花岗岩类指示剂比值

| 比 值                                              | 比 值 范 围  | Sn 含 量 (ppm) |
|--------------------------------------------------|----------|--------------|
| TiO <sub>2</sub> /SiO <sub>2</sub>               | ≤0.005   | ≥10          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /SiO <sub>2</sub> | ≤0.20    | ≥10          |
| CaO+MgO/SiO <sub>2</sub>                         | ≤0.04    | ≥10          |
| K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O               | ≥1.1     | ≥10          |
| Ga/Al                                            | >0.0003  | ≥10          |
| TiO <sub>2</sub> /Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | <700     | ≥10          |
| W+Mo/Al                                          | ≥0.00003 | ≥10          |



综上所述,除已知的摩挲营、九道湾和小五岳岩体锡矿化较好以外,石棉和泸沽两体岩也是寻找锡矿化有利的地区。栗子树岩体虽然比石棉、泸沽两岩体相对差些,但锡的含量比克拉克值高出3—4倍,同样也是值得注意的。

本研究是在涂光炽所长直接指导下进行的。野外考察期间,曾得到四川攀西地质队的大力支持。有关分析测试分别由戴樟谟、洪阿实、李荪蓉、杨启顺、杨绍琛、史富生、雷剑泉、王正珍、来宝宽、任学谦等同志完成。在此一并致谢。

### 参 考 文 献

- (1) 中国科学院贵阳地球化学所编, 1977, 简明地球化学手册, 科学出版社, 69—72。
- (2) M. Boissavy-Vinau, G. Roger, 1980 the  $TiO_2/Ta$  ratio as an indicator of the degree of differentiation of tin granites, *Mineralium Deposita*, 15 (2), 221-236.
- (3) С. Ф. ЛУГОВ: Оловянное оруденение В истории развития Земной Коры, 《Советская Геология》1977.(10), 46—57.

### PERLIMINARY INVESTIGATION ON GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF PRE-CAMBRIAN SN-BEARING GRANITOIDS OF THE HENGDUAN MOUNTAIN

Xie Yingwen Zhang Yuquan Hu Guoxiang  
Institute of Geochemistry, Academia Sinica  
Abstract

Based on the studies of petrology, petrochemistry, trace elements, isotopic geochemistry and geochemical indicators of Sh-bearing granitoid rocks in this region, the favourable conditions of tin enrichment have been outlined as follows:

1. Biotite granite, two-mica granite and porphyritic biotite granite of later stages in complex rocks emplaced from the later stage of Jinning to Chengjiang stage;

2. Aluminium-oversaturated rock series,  $SiO_2 > 70\%$ ,  $K_2O + Na_2O > 6.7-7$  and  $K_2O > Na_2O$ ;

3. Geochemical indicators:  $TiO_2 / SiO_2 \leq 0.005$ ,  $Al_2O_3 / SiO_2 \leq 0.20$   $CaO + MgO / SiO_2 \leq 0.04$ ,  $Ga / Al > 0.0003$ ,  $K_2O / Na_2O \geq 1.1$ ,  $TiO_2 / Ta_2O_5 < 700$ ,  $W + Mo / Al \geq 0.00003$ .

## 16. 哀牢山—金沙江富碱侵入岩带地球化学特征

谢应雯 张玉泉 胡国相

(中国科学院地球化学研究所)

### 一、引言

哀牢山—金沙江岩带本身是一个岩浆杂岩带,岩性从超基性、基性、中性、中酸性、酸性和碱性等岩类都有发育。时代从海西期到喜马拉雅期都有不同类型的岩浆侵入。本文所讨论的富碱侵入岩带是哀牢山—金沙江岩带中的一部分,时代以喜马拉雅期为主,岩性包括碱性岩和碱性花岗岩。有关这一问题,涂光炽教授1982年在南京召开的花岗岩地质和成矿关系讨论会国际会议上,第一次提出了哀牢山—金沙江富碱侵入岩带,并作了论述。对于富碱侵入岩带,以往讨论的比较少,而对岩带的个别地段,个别岩体讨论的比较多,例如云南省地质局、云南冶金勘探公司、西藏自治区地质局、二机部等单位,曾先后分别在岩带的部分地区,结合铜、钼、稀有等矿产做过一些工作<sup>(1)</sup>。本文作者在涂光炽教授的指导下,根据近年来的野外和室内工作,对本岩带的时代、地球化学特征和物质来源等作了初步的探讨。

### 二、富碱侵入岩带基本特征

哀牢山—金沙江富碱侵入岩带,规模比较大,在我国境内长达1800公里,宽40—60公里,是我国也是世界上最长的富碱侵入岩带之一<sup>①</sup>。这条岩带南起云南金平,向北西沿哀牢山断裂及两侧,在个旧、永平、姚安等地出露,然后经点苍山、剑川、石鼓进入四川呈南北向,在金沙江两侧之巴塘、江达等地出现,到青川边界折向北西西,经玉树西南直抵唐古拉山北麓断续分布。从南到北岩体有金平铜厂岩体,是由角闪石正长斑岩和正长岩组成;个旧白云山岩体,主要岩性是正长岩和霞石正长岩;姚安岩体是花岗正长斑岩;永平桌潘岩体,主要是辉石正长岩,其次是正长岩和霞石正长岩;剑川一带的岩体,主要是辉石正长斑岩、云闪正长斑岩以及石英正长斑岩;石鼓西南老君山岩体,是正长岩、云辉正长岩;石鼓西香多岩体,由石英正长斑岩和花岗斑岩等组成;鲁甸岩体是石英正长斑岩;巴塘南吉尼岩体,由碱性花岗岩和辉石正长岩组成(后者与永平桌潘辉石正长岩类似);巴塘东南贝拉岩体,主要是辉石正长岩、云闪正长岩,其次是花岗岩;江达西南扎拉杂岩体,由角闪石二长花岗斑岩和黑云母二长花岗斑岩组成;玉龙岩体,以二长花岗斑岩为主,其次是花岗闪长斑岩和石英二长岩等如图1。碱性岩或碱性花岗岩,在复式岩体中常是最晚期的产物,如个旧岩体:辉长岩→二长岩→黑云母花岗岩→正长岩、霞石正长岩。

以上岩体规模一般都较小,而且多呈岩株产出,部分是岩瘤、岩脉,少数为岩基。如老君山、贝拉等岩体。

<sup>①</sup> 涂光炽教授, 1982

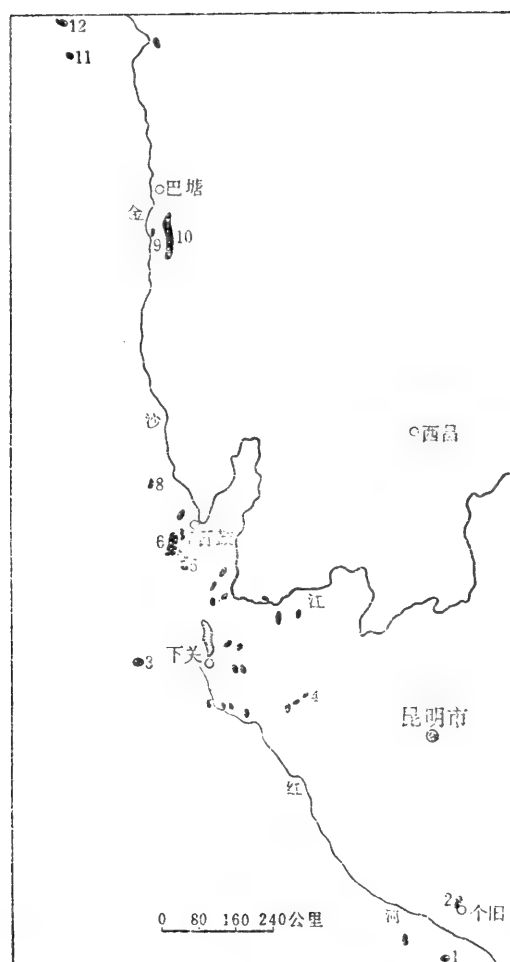


图1 哀牢山—金沙江岩带中富碱侵入体分布示意图

1. 铜厂 2. 白云山 3. 桌潘 4. 姚安  
5. 甸南 6. 老君山 7. 香多 8. 鲁甸 9. 吉尼  
10. 贝拉 11. 扎拉杂 12. 玉龙

### 三、岩石性质及类型

岩石的碱度，用赖特 (Wright, 1969) 方法作图时 (图2)，可以看出，本类岩石的投影点都落在碱质岩石范围内。只有石鼓西云辉正长岩、贝拉云闪正长岩和扎拉杂的角闪二长花岗斑岩等岩石投影点落在钙碱质岩石系列范围内，但紧靠碱质岩石区一侧。从区域上看，也反映此带的南段岩石多属碱质，而北段的以钙碱质为主，但偏向碱质。总的来看，钙碱质岩石形成时间要早些，碱质岩石形成时间相对较晚些。但它们皆是喜马拉雅期产物。

根据岩石的化学成分，用CIPW方法换算成标准矿物，投影在斯特里凯森<sup>[6]</sup> (Alberf L. Strekeisen) 矿物—化学分类图解中 (图3)。可以进一步看出，投影点分别落在二长岩、正长岩和碱性花岗岩范围内，只有个别的投影点在二长辉长岩或二长闪长岩范围内。

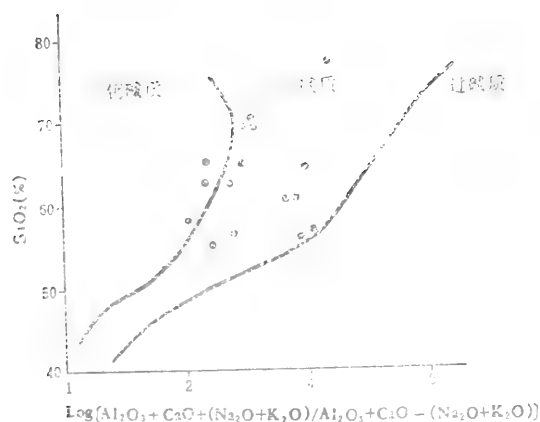


图2 碱度(对数值)对SiO<sub>2</sub>(重量百分比)的变异图

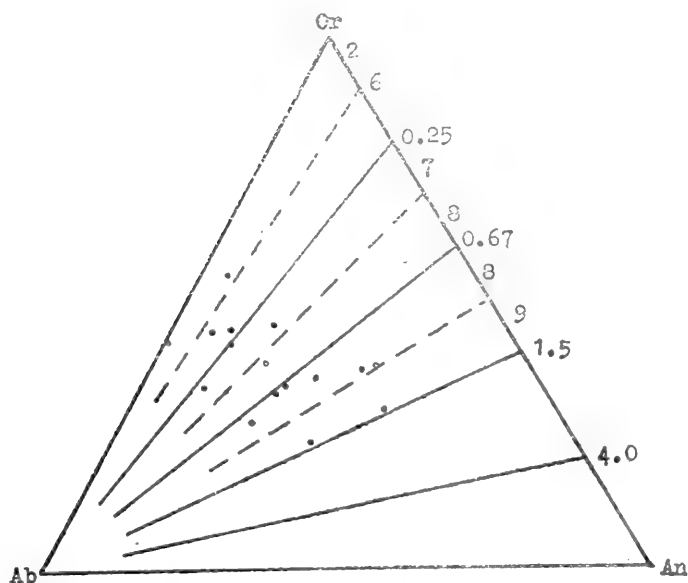


图3 富碱侵入体岩石的化学-矿物定量分类图

6. 碱长石正长岩 (2. 碱性花岗岩) 7. 正长岩  
8. 二长岩 9. 二长辉长岩或二长闪长岩

#### 四、岩带时代

哀牢山—金沙江岩带中的富碱侵入体的时代,过去有些报道<sup>(2)</sup>,涉及到的岩体不多。对此带的富碱侵入岩带的讨论也较少。我们这次所测定的富碱侵入体的时代,主要是用钾-氩法测定的黑云母年龄,个别岩体利用全岩铷-锶等时线求得年龄,其结果如表1。可以看出本次测定的年龄值所给的范围40—30百万年,和此类岩体侵入最新地层是第三纪地层(如剑川岩体侵入老第三纪的双河煤系中)是吻合的。

个旧白云山岩体,过去一直认为是喜马拉雅期的产物,年龄是62百万年(测定对象是钾长

石)。本次测定的年龄值是正长岩和霞石正长岩中黑云母,钾-氩年龄分别为83和75百万年。其中霞石正长岩全岩铷-锶等时年龄是84百万年。因此,个旧白云山岩体时代,属于燕山晚期,

表 1 哀牢山—金沙江富碱侵入岩带同位素地质年龄④

| 序号 | 岩体名称 | 样 品 号               | 岩 石 类 型   | 测定对象 | K %  | Ar <sup>40</sup> 分子/克<br>(×10 <sup>-9</sup> ) | Ar <sup>40</sup> /K <sup>40</sup> | 年 龄<br>(百万年) |
|----|------|---------------------|-----------|------|------|-----------------------------------------------|-----------------------------------|--------------|
| 1  | 白云山  | 81-295              | 正长岩       | 黑云母  | 7.47 | 1.1104                                        | 4.9790                            | 83           |
| 2  | 白云山  | 81-295              | 正长岩       | 全 岩  |      |                                               |                                   | 84②          |
| 3  | 白云山  | 81-299              | 霞石正长岩     | 黑云母  | 7.14 | 0.9572                                        | 4.4918                            | 75           |
| 4  | 铜 厂  | 81-78               | 角闪正长斑岩    | 黑云母  | 7.59 | 0.4898                                        | 2.1616                            | 36           |
| 5  | 姚 安  | 81-974              | 花岗正长斑岩    | 黑云母  | 7.20 | 0.4228                                        | 1.9677                            | 36           |
| 6  | 桌 潘  | 81-751              | 辉石正长岩     | 黑云母  | 7.53 | 0.4937                                        | 2.1975                            | 37           |
| 7  | 甸 南  | 81-862              | 云闪正长斑岩    | 黑云母  | 7.30 | 0.4700                                        | 2.1559                            | 36           |
| 8  | 石鼓西  | 81-899              | 正长斑岩      | 黑云母  | 7.28 | 0.4625                                        | 2.1287                            | 36           |
| 9  | 石鼓西  | 81-911              | 云闪正长岩     | 黑云母  | 7.52 | 0.4351                                        | 1.9411                            | 33           |
| 10 | 扎拉杂  | 82-106              | 角闪石二长花岗斑岩 | 黑云母  |      |                                               |                                   | 40③          |
| 11 | 扎拉杂  | 8-4①                | 二长花岗斑岩    | 钾长石  |      |                                               |                                   | 34           |
| 12 | 扎拉杂  | SA-13①              | 二长花岗斑岩    | 钾长石  |      |                                               |                                   | 33.9         |
| 13 | 玉 龙  | YA <sub>1</sub> ①   | 二长花岗斑岩    | 黑云母  |      |                                               |                                   | 40.7         |
| 14 | 玉 龙  | E-01①               | 二长花岗斑岩    | 黑云母  |      |                                               |                                   | 41.5         |
| 15 | 玉 龙  | P <sub>2</sub> -17① | 二长花岗斑岩    | 黑云母  |      |                                               |                                   | 41.0         |

① 西藏地质, 1978, 1    ②.全岩 Rb-Sr 等时年龄    ③初算值

④ 张玉泉戴擅漠等, 横断山脉花岗岩类时代 (本文集)

年龄范围为84—75百万年。早期侵入的正长岩, 年龄是84—83百万年, 晚期侵入的霞石正长岩, 年龄是75百万年; 姚安岩体, 在过去的地质图中, 都划归燕山晚期, 这次测定的年龄值也只有36百万年, 属于喜马拉雅期; 扎拉杂岩体过去有两个钾长石年龄(见表 1), 皆是34百万年左右, 本次测定的黑云母钾-氩年龄是40百万年, 因为长石年龄比黑云母年龄一般偏低。所以扎拉杂岩体侵入时间, 与邻区玉龙岩体相当, 年龄是40百万年左右, 属于喜马拉雅早期。

综上所述, 可以看出, 哀牢山—金沙江富碱侵入岩带, 除少数岩体为燕山晚期外, 主要是喜马拉雅期的产物, 年龄范围40—30百万年。其中碱性花岗岩部分, 侵入时间稍早。如扎拉杂、玉龙等岩体, 年龄是40百万年左右。

五、岩石的化学成分

将分析的岩石化学成分, 用算术平均法, 分别求出碱性岩和碱性花岗岩化学平均成分,

表2 袁牢山—金沙江岩带富碱侵入体岩石化学成分平均值

| 岩石类型       | 序号 | 样品数 | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO  | MnO  | MgO  | CaO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | H <sub>2</sub> O | 总计    |
|------------|----|-----|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|-------------------|------------------|-------------------------------|------------------|-------|
| 碱性岩        | 1  | 9   | 58.63            | 0.61             | 17.01                          | 2.93                           | 2.75 | 0.16 | 2.10 | 3.60 | 4.04              | 5.98             | 0.36                          | 0.97             | 99.40 |
| 碱性花岗岩      | 2  | 12  | 69.49            | 0.33             | 14.80                          | 1.18                           | 1.12 | 0.06 | 1.03 | 1.95 | 3.46              | 4.85             | 0.19                          | 0.41             | 99.03 |
| 本带平均值      | 3  | 21  | 64.83            | 0.45             | 15.75                          | 1.93                           | 1.82 | 0.10 | 1.49 | 2.66 | 3.71              | 5.33             | 0.26                          | 0.65             | 99.14 |
| 闽浙沿海碱性花岗岩  | 4  | 36  | 76.32            | 0.15             | 12.15                          | 0.89                           | 0.76 | 0.05 | 0.17 | 0.39 | 4.11              | 4.49             | 0.01                          |                  |       |
| 澳大利亚A型花岗岩① | 5  | 34  | 73.94            | 0.30             | 12.68                          | 1.00                           | 1.33 | 0.28 | 0.28 | 0.99 | 3.45              | 4.51             | 0.08                          | 0.65             |       |
| 碱性花岗岩②     | 6  |     | 73.30            | 0.11             | 12.33                          | 2.58                           | 1.28 | 0.02 | 0.26 | 0.46 | 4.55              | 4.20             | 0.05                          | 0.86             |       |
| 英碱正长岩      | 7  |     | 64.36            | 0.45             | 16.81                          | 1.08                           | 2.71 | 0.15 | 0.72 | 1.55 | 5.76              | 5.62             | 0.09                          | 0.70             |       |
| 钙碱性角闪正长岩   | 8  |     | 60.79            | 0.80             | 16.10                          | 3.21                           | 2.92 | 0.11 | 2.20 | 3.87 | 3.37              | 5.43             | 0.30                          | 0.90             |       |

分析者: 李恭蓉

①据怀特 (White) 等, 1982

②据戴里, 1933

然后求出本带的富碱侵入体的平均成分，如表 2。可以看出：

1. 本区的碱性岩与碱性花岗岩的化学成分虽然不同，但共同点是  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} > 8\%$ ， $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$ 。
2. 碱性花岗岩平均化学成分与戴里所给出的碱性花岗岩相比， $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  偏低，而  $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  偏高；与闽浙沿海碱性花岗岩相比，只有  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  低， $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$  等都高。
3. 本区碱性花岗岩化学成分，与澳大利亚 A 型花岗岩成分也很近似，只有  $\text{SiO}_2$  偏低和  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$  偏高。在怀特 (White) 等给出的花岗岩类型图解中，无论是碱性岩、碱性花岗岩，还是本区富碱侵入体平均化学成分，其投影点都落在 A 型花岗岩区域内 (图 4)。
4. 本区富碱侵入体平均化学成分，介于英碱正长岩和钙碱性角闪正长岩成分之间。与英碱正长岩成分相同的有  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  等，而与钙碱性角闪正长岩成分相近的有  $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  等。

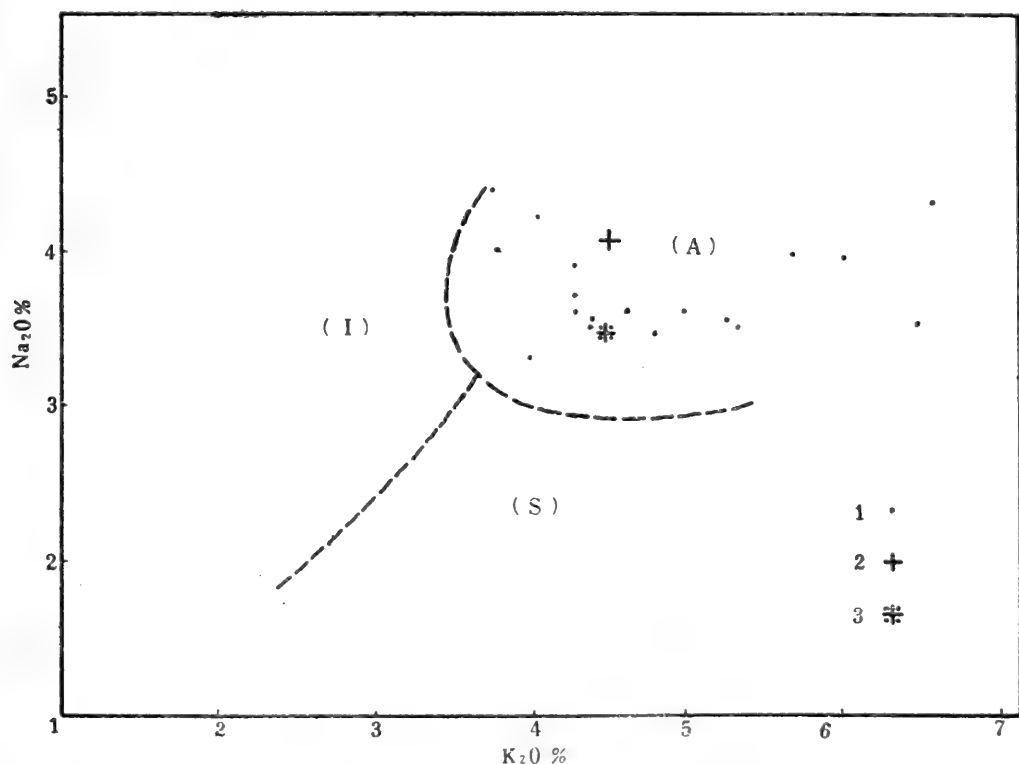


图 4 富碱侵入体岩石的  $\text{K}_2\text{O}$ - $\text{Na}_2\text{O}$  图解

1. 哀牢山-金沙江
2. 闽浙沿海
3. 澳大利亚

据哈克 (Harker) 法所做的图 (图 5)。可以看出此类岩石的化学成分， $\text{SiO}_2$  在 65—67% 之间有一个最明显的间断，反映碱性花岗岩到碱性岩的化学成分的不连续性。说明两者物质来源可能有所不同。

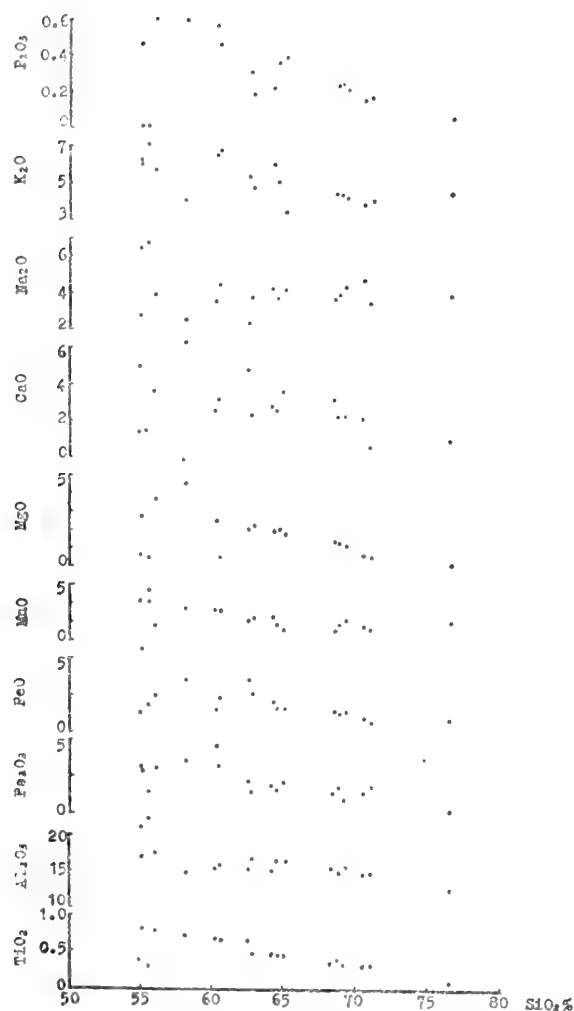


图5 富碱侵入岩中 $\text{SiO}_2$ 与其他主要成分之间含量关系的变化图解

## 六、稀 土 元 素

不同类型的岩石稀土元素组成分析结果，如表3。可以看出，本区的富碱侵入体中稀土元素组成与地壳花岗岩有显著的不同。稀土元素总量高，轻稀土富集( $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$ 为3.9—33.8)，模式曲线为向右呈陡倾斜( $\text{La}/\text{Yb}$ 为16—441)，Eu异常不明显， $\delta\text{Eu}$ 值接近1，如图6。

此外，在本类岩石中，对个旧白云山岩体中正长岩、霞石正长岩和石鼓西香多石英正长斑岩，测定的铈初始比值都比较低。如白云山正长岩和霞石正长岩， $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86} = 0.709$ ，香多的石英正长斑岩， $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86} = 0.706$ （分析测试由本所王俊文同志完成）。



表3 金沙江—哀牢山富碱侵入体稀土元素组成 (ppm)

| 岩体名称                                             | 桌 潘    | 甸 南    | 姚 安    | 个 旧    | 地壳花岗岩<br>平 均 | Burpala      |
|--------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------------|--------------|
| 编 号                                              | 81—751 | 81—862 | 81—974 | 81—295 | (213个样)      | (8个样)        |
| 岩石类型                                             | 辉石正长岩  | 云闪正长斑岩 | 花岗正长斑岩 | 正 长 岩  | 花岗岩 $\Delta$ | 正长岩 $\Delta$ |
| La                                               | 97.7   | 33.2   | 88.3   | 148.4  | 50           | 90           |
| Ce                                               | 216.8  | 80.0   | 152.2  | 176.0  | 100          | 200          |
| Pr                                               | 31.2   | 12.1   | 23.4   | 16.4   | 11.4         | 12           |
| Nd                                               | 85.5   | 36.2   | 62.9   | 25.9   | 46           | 86           |
| Sm                                               | 14.2   | 8.2    | 10.1   | 1.8    | 8.3          | 9.5          |
| Eu                                               | 4.2    | 2.2    | 3.0    | 0.8    | 1.1          | 1.2          |
| Gd                                               | 12.7   | 8.5    | 9.5    | 5.3    | 7.6          | 5.8          |
| Tb                                               | 1.4    | 1.1    | 1.2    | 0.6    | 1.12         | 0.9          |
| Dy                                               | 3.5    | 4.8    | 3.5    | 1.6    | —            | 3.3          |
| Ho                                               | 0.7    | 1.0    | 0.5    | 0.2    | 1.62         | 1.7          |
| Er                                               | —      | 1.6    | 1.1    | —      | 4.7          | 0.9          |
| Tm                                               | 0.1    | 0.4    | 0.2    | 0.07   | 0.74         | —            |
| Yb                                               | 0.7    | 1.8    | 1.0    | 0.2    | 4.8          | 0.9          |
| Lu                                               | 0.1    | 0.4    | 0.2    | —      | 0.78         | —            |
| Y                                                | 11.3   | 24.8   | 18.1   | 3.2    | 42           | —            |
| $\Sigma$ REE                                     | 480.1  | 216.3  | 375.2  | 380.5  | 288          | 460          |
| $\frac{\Sigma Ce}{\Sigma Y}$                     | 14.7   | 3.9    | 9.6    | 33.8   | 3.4          | 29.5         |
| $\frac{\Sigma Sm^{\textcircled{1}}}{\Sigma REE}$ | 0.07   | 0.10   | 0.06   | 0.01   | 0.06         |              |
| $\delta Eu$                                      | 1.04   | 0.88   | 1.01   | 0.84   | 0.47         | 0.50         |
| $(\frac{La}{Yb})_N$                              | 86.2   | 16.1   | 54.1   | 441.6  | 6.2          | 59.3         |

分析者: 雷剑泉 王正珍

李若龄 张亚文

①  $\Sigma sm = sm + Gd + Tb + Dy$  $\Delta$  引自Handbook of Geochemistry II/2

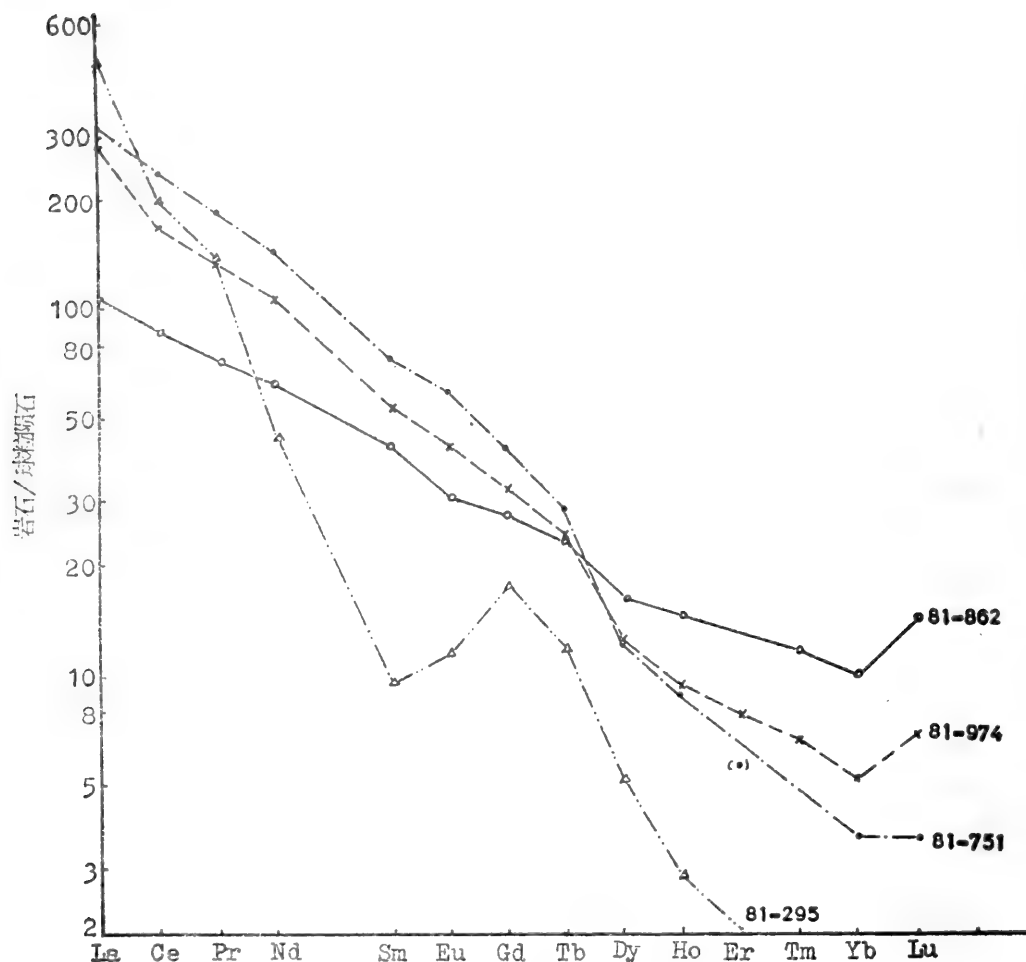


图6 富碱侵入体的岩石稀土组成模式  
 81——862云闪正长斑岩 81——974花岗正长斑岩  
 81——751辉石正长岩 81——295霞石正长岩

## 七、微量元素

岩石中微量元素，用定量分析17个元素，分岩石类型求得平均值（算术平均法），如表4。可以看出，碱性岩中含量都高于碱性花岗岩，只有钽、钨、锡等含量在碱性花岗岩中高于碱性岩。与澳大利亚同类岩石相比，Cu、Ni、Sr、Ba、Cr、Ta等含量高，而Sc、Zr、Nb等偏低。

表4 哀牢山—金沙江富碱侵入岩带的微量元素（ppm）

| 岩石类型   | 样品数 | Cu | V  | Ni | Pb  | Ga | Sr   | Ba   | Cr |
|--------|-----|----|----|----|-----|----|------|------|----|
| 碱性岩    | 9   | 33 | 79 | 32 | 466 | 16 | 2321 | 2011 | 60 |
| 碱性花岗岩  | 7   | 10 | 30 | 13 | 39  | 14 | 1995 | 1420 | 19 |
| 正长岩④   |     | 5  | 30 | 4  | 12  | 30 | 200  | 1600 | 2  |
| 碱性花岗岩② |     | 5  | 5  | 2  | 31  | 21 | 142  | 710  | 2  |

(续表)

| 岩石类型   | Nb | Ta  | Zr  | Be | Sc  | RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | W   | Sn | Mo  |
|--------|----|-----|-----|----|-----|--------------------------------|-----|----|-----|
| 碱性岩    | 52 | 4   | 397 | 4  | 12  | 332                            | 1.5 | 7  | 2.4 |
| 碱性花岗岩  | 26 | 6   | 154 | 3  | 9   | 204                            | 3.8 | 8  | 0.7 |
| 正长岩①   | 35 | 2   | 500 | 1  | 0.1 |                                | 1.3 |    | 0.6 |
| 碱性花岗岩② | 28 | 3.4 | 472 |    | 14  |                                |     |    |     |

① 黎彤, 1981

分析者: 杨启顺 史富生 高思登 雷剑泉 王正珍 杨绍霖 来宝宽 任学谦

② 据怀特 (White), 1982

## 八、讨 论

根据富碱侵入体时、空分布, 同位素地质年代学、岩石化学、稀土元素组成和微量元素等地球化学特征, 说明哀牢山—金沙江富碱侵入岩带的岩石物质来源于深部, 即上地幔或下部地壳。表现在稀土元素组成模式为向右陡倾斜的曲线, 铈元素异常不明显和铈元素的初始比值低等。同时, 它的形成与板块缝合带有着密切的内在联系。结合哀牢山—金沙江断裂带两侧地层、沉积岩相、岩浆活动和构造发育等迥然不同以及沿断裂存在蛇绿岩套、双变质带<sup>(3)</sup>和混杂堆积<sup>(4)</sup>, 说明哀牢山—金沙江断裂具有板块缝合带的性质。其缝合带产生的时间可能在中生代或更早些时间, 到第三纪时由于印度次大陆板块与欧亚板块碰撞<sup>(5)</sup>, 使沿哀牢山—金沙江断裂部位处在强烈的挤压带中。由于沿此断裂带受力的不均一性, 使断裂两侧产生位移, 表现在沿断裂带两侧发育次级剪切断裂, 反映此断裂带具有拉张的性质。在这种情况下伴随着富碱侵入岩带的形成。而拉张伴随着挤压, 强烈的挤压和变形造成了哀牢山及其北延部分的动力变质带。富碱侵入岩带的形成是在动力变质带之后。表现在富碱侵入体没有变质, 它略晚于哀牢山动力变质带或同时。但它们都是第三纪的产物。其中富碱侵入体常伴随有斑岩型的铜、钼、铅和稀有元素的矿化。

本工作是在涂光炽教授直接指导下完成的。野外考察期间得到西南冶金勘探公司308队, 云南省地质局区调队, 西藏地质局一大队的大力支持。有关分析测试由本所一、五、九、十一室有关同志完成, 唐春景同志协助完成计算工作, 在此一并致谢!

## 参 考 文 献

- (1) 李文华, 藏东滇西斑岩型铜、铅多金属矿带岩石化学特征及其与成矿的关系, 地质与勘探, 1982(4)。
- (2) 刘荣漠、赵定华, 1981, 西藏东部中酸性侵入岩同位素年龄讨论, 地质论评, 27(4), 326—332。
- (3) 段新华、赵鸿, 1981, 论哀牢山—藤条河断裂—古板块俯冲带, 地质学报, 4期, 258—266。
- (4) 张之孟、金蒙, 川西南乡城—得荣地区的两种混杂岩及其构造意义, 地质科学, 1979(3), 203—214。
- (5) P·莫尔纳等, 印度和欧亚大陆的碰撞, 世界科学译刊, 1979(3)。
- (6) Streckeisen, A., 1976, Classification of the Common igneous rocks by means of their chemical composition, A provisional attempt, Neues Jahrb. Mineral. Monatsh., 1807, 1.

**GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF  
ALKALI-RICH INTRUSIVE BELT ALONG  
AILAOSHAN-JINSHAJIANG**

Xie Yingwen Zhang Yuquan Hu Guoxiang  
Institute of Geochemistry, Academia Sinica

**Abstract**

The geological occurrence, geochronology, petrochemistry, geochemical characteristics of REE for huge belt of alkali-rich intrusive rocks in Ailaoshan-Jinshajiang area as well as its material source are preliminarily discussed. The alkali-rich intrusive belt was controlled by deep fracture zone formed in extensional state. The formation of alkali-rich intrusive belt was recent geological event and might be closely related to the late history of the plate tectonics.

# 17. 云南景谷县半坡镁铁质和超镁铁质堆晶岩 ——一个可能的阿拉斯加型岩体

张 旗 李达周 张魁武 伊丽莹 王德恭

(中国科学院地质研究所)

滇西地区有一个南北向的巨大花岗岩基，称为临沧花岗岩。澜沧江大断裂从岩体的东部通过。它的东面，有一系列零星分布的从超基性、基性、中性到酸性的小岩体。其中的超基性岩被归属于澜沧江铁质超基性岩亚带<sup>(1)</sup>。在1981年的野外考察中，我们选择了该带内 出露面积最大的半坡岩体作了初步的调查，本文即是这次调查的初步成果。

## 一、地 质 概 况

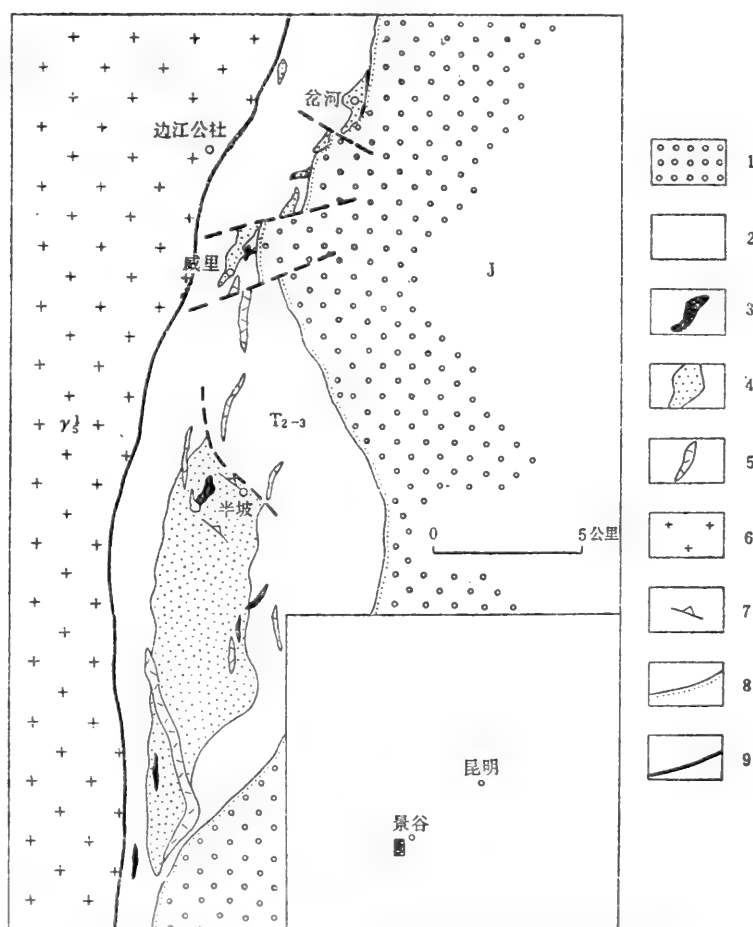


图1 半坡岩体地质图(据中国科学院地质研究所102队<sup>①</sup>资料简化)

1. 侏罗系 2. 中-晚三叠世 3. 超镁铁质岩 4. 辉长岩 5. 辉绿玢岩、闪长玢岩或正长岩脉 6. 花岗岩基 7. 辉长岩中的假层理产状 8. 不整合界线 9. 断层

<sup>①</sup> 中国科学院地质研究所102队, 1961

如图1所示,在景谷县半坡地区有一系列的镁铁质和超镁铁质侵入岩以及后期的闪长玢岩、辉绿玢岩和正长岩脉等。辉长岩一般长1—3公里,宽0.2—2公里,以半坡辉长岩体最大,约 $3 \times 15$ 公里。超镁铁质岩多与辉长岩伴生,侵位于中-晚三叠世地层中。我们观察了半坡和岔河地区的剖面,中-晚三叠世是一套以碎屑岩为主夹火山岩、火山碎屑岩以及少量灰岩的地层。火山岩以安山质火山碎屑岩为主,其次有流纹岩、凝灰岩以及玄武岩。这一套沉积组合推测是在浅海环境快速沉积的,并伴有强烈的火山活动,相当于岛弧环境。侏罗系主要位于半坡地区(图1)的东部,是陆相及海陆交互相的砾岩、砂岩为主的红层。

超镁铁质岩与镁铁质侵入岩在空间上密切相伴。有半坡村西,超镁铁质岩侵入在辉长岩中,接触面产状不平整,边部辉长岩破碎、蚀变强烈。超镁铁质岩中有辉长岩的捕虏体。捕虏体的假层理产状( $290^\circ < 70^\circ$ ),与辉长岩的产状( $40^\circ - 50^\circ < 20^\circ - 30^\circ$ )不协调(图2)。

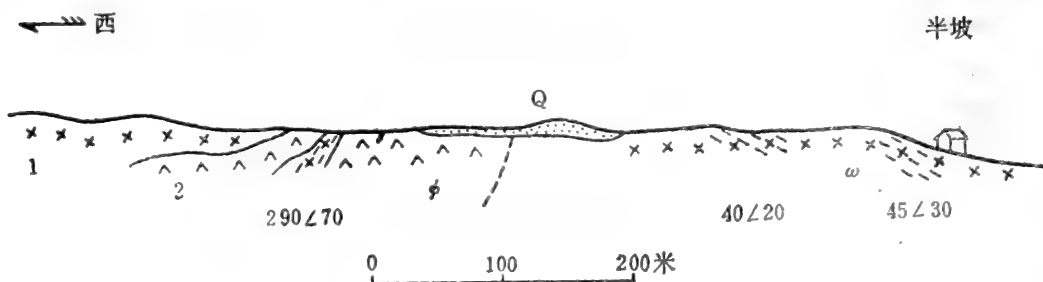


图2 辉长岩与超镁铁质岩接触关系图(半坡村西)

1. 辉长岩( $\omega$ ) 2. 超镁铁质岩( $\Phi$ )

## 二、岩石学

半坡岩体的镁铁质岩和超镁铁质岩都是堆晶岩,堆晶结构在野外和显微镜下看得很清楚。野外最易识别的是辉长质堆晶岩的假层状构造,辉石和斜长石呈自形-半自形的颗粒定向排列,有的辉石和斜长石分层分布,分别组成暗色和浅色层交替出现。此外,超镁铁质岩中的包含结构也常常见到,辉石晶体长可达1—1.5厘米,内部包裹橄榄石。

镜下观察,辉长质堆晶岩以补堆晶结构为主,堆晶相有斜长石、橄榄石、单斜辉石和斜方辉石。堆晶间物质很少,主要是磁铁矿,次为斜长石和单斜辉石。橄榄石和斜方辉石均已蛇纹石化,单斜辉石据弗氏台鉴定为普通辉石,斜长石为中长石—拉长石( $An_{35-53}$ )。超镁铁质堆晶岩以正堆晶结构为主,堆晶矿物是橄榄石,个别的还有斜方辉石。堆晶间物质以异剥辉石为主,解理密集,电子探针分析为透辉石( $Ca_{44}Mg_{47-48}Fe_{3-9}$ )<sup>①</sup>,有的异剥辉石长大包裹一至数个橄榄石。另一部分堆晶间物质由磁铁矿、蛇纹石、尖晶石及隐晶质物质组成(部分已变为阳起石和绿泥石)。岩石以异剥橄榄岩为主,其次有二辉橄榄岩和纯橄岩。

上述各种堆晶岩的产出,表明半坡岩体是由于结晶分离作用而形成的。辉长岩以补堆晶结构为主,堆晶间物质很少,暗示岩浆是在较大的深度上缓慢结晶的,处在堆晶间隙的液体

① 中国地质科学院地质矿床所方业龙同志承担了电子探针分析工作

不断流动，使堆晶晶体得以继续生长，逐渐填满间隙。同时，根据晶体的定向排列和浅色、暗色矿物的分层堆晶，也说明在岩浆房中存在对流现象<sup>(2)</sup>。而超镁铁质堆晶岩中的正堆晶结构，说明橄榄石晶体形成后未经历补堆晶生长阶段，晶体间隙的液体随后结晶长大（如异剥辉石），另一部分液体可能未及结晶即发生超镁铁质岩的侵位，类似晶粥侵位假说，亦有人认为是一种固态的塑性流动侵位机制<sup>(3)</sup>。

三、岩石化学

半坡镁铁质和超镁铁质堆晶岩的主要元素湿化学法分析数据及CIPW标准矿物数据列于

表1 半坡超镁铁质堆晶岩化学成分和CIPW标准矿物成分

| 成 分                            | 615   | 616   | 617   | 618   | 619   | 560    | 549   |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 37.87 | 42.36 | 38.65 | 36.53 | 36.22 | 52.56  | 51.12 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.09  | 0.12  | 0.28  | 0.16  | 0.21  | 0.20   | 0.60  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2.77  | 3.40  | 1.76  | 2.74  | 1.56  | 5.39   | 9.50  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 11.79 | 11.50 | 12.45 | 10.80 | 13.09 | 8.29   | 7.31  |
| FeO                            | 3.96  | 3.29  | 3.48  | 4.99  | 4.77  | 7.69   | 8.49  |
| MnO                            | 0.13  | 0.12  | 0.21  | 0.18  | 0.16  | 0.15   | 0.20  |
| MgO                            | 26.56 | 23.85 | 28.09 | 31.19 | 30.21 | 12.51  | 12.04 |
| CaO                            | 5.56  | 4.83  | 2.06  | 0.77  | 0.19  | 9.82   | 6.31  |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.25  | 0.25  | 0.10  | 0.05  | 0.03  | 0.45   | 1.28  |
| K <sub>2</sub> O               | 0.10  | —     | —     | —     | —     | 0.05   | 0.27  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.20  | 0.20  | 0.06  | 0.06  | 0.06  | —      | —     |
| H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>  | 9.68  | 8.23  | 11.33 | 11.27 | 11.23 | 2.76   | 2.32  |
| H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>  | 0.59  | 1.05  | 0.63  | 0.53  | 0.85  | 0.40   | 0.22  |
| 挥发份                            | 0.27  | 0.79  | —     | 0.19  | 0.28  | —      | —     |
| 总 计                            | 99.82 | 99.99 | 99.10 | 99.46 | 98.86 | 100.27 | 99.66 |

| CIPW |       |       |       |       |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Q    | —     | —     | —     | —     | —     | 8.73  | 4.92  |
| C    | —     | —     | —     | 1.40  | 1.31  | —     | —     |
| Or   | 0.59  | —     | —     | —     | —     | 0.30  | 1.60  |
| Ab   | 2.12  | 2.12  | 0.85  | 0.42  | 0.25  | 3.81  | 10.83 |
| An   | 6.14  | 8.15  | 4.35  | 3.43  | 0.55  | 12.53 | 19.37 |
| Ne   | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| Di   | 16.10 | 11.60 | 4.37  | —     | —     | 29.50 | 9.73  |
| Hy   | 9.32  | 38.15 | 31.91 | 24.75 | 29.31 | 36.82 | 44.62 |
| Ol   | 49.18 | 24.27 | 39.67 | 51.86 | 48.64 | —     | —     |
| Mt   | 4.32  | 4.04  | 4.35  | 4.36  | 4.90  | 4.49  | 4.46  |
| Il   | 0.17  | 0.23  | 0.53  | 0.30  | 0.40  | 0.38  | 1.14  |
| Ap   | 0.44  | 0.44  | 0.13  | 0.13  | 0.13  | —     | —     |

岩石名称：615——斜方辉石-橄榄石堆晶岩（方辉橄榄岩），616——橄榄石堆晶岩（异剥橄榄岩），617——橄榄石堆晶岩（二辉橄榄岩），618——橄榄石堆晶岩（纯橄岩），619——橄榄石堆晶岩（含二辉纯橄岩），560，549——辉石岩（注：560，549据中国科学院地质研究所102队，1961）

表 1 和表 2<sup>①</sup>。同时, 在表 3 中列出了计算的 CIPW 标准矿物的某些数据以及某些比值的范围。为了对比, 还选择了产在不同构造环境中的几个典型地区的数据, 经过重新计算后列入表 3 中 (其中冈底斯的数据一部分为金成伟同志未发表的资料)。

表 2 半坡镁铁质堆晶岩化学成分及 CIPW 标准矿物成分

| 成 分                            | 611   | 612    | 622    | 631    | 644    | 567   | 544    | 548    |
|--------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 49.33 | 42.58  | 50.07  | 50.54  | 50.25  | 49.82 | 43.95  | 51.08  |
| TiO <sub>2</sub>               | 1.18  | 0.74   | 0.90   | 0.72   | 0.90   | 0.56  | 0.48   | 0.32   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 18.58 | 17.40  | 16.86  | 17.04  | 15.88  | 18.01 | 12.30  | 13.49  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3.45  | 5.57   | 5.71   | 4.17   | 3.41   | 3.35  | 9.70   | 5.64   |
| FeO                            | 3.97  | 6.69   | 5.41   | 5.58   | 6.59   | 6.96  | 9.40   | 6.79   |
| MnO                            | 0.14  | 0.40   | 0.21   | 0.42   | 0.21   | 0.24  | 0.08   | 0.25   |
| MgO                            | 4.94  | 6.27   | 5.02   | 5.48   | 7.53   | 5.09  | 10.65  | 7.97   |
| CaO                            | 9.02  | 10.42  | 6.31   | 6.92   | 5.49   | 7.01  | 7.71   | 7.24   |
| Na <sub>2</sub> O              | 4.50  | 2.79   | 5.13   | 4.05   | 5.00   | 4.50  | 1.84   | 4.50   |
| K <sub>2</sub> O               | 0.10  | 1.03   | 0.20   | 1.20   | 0.75   | 1.20  | 0.38   | 0.40   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.45  | 0.26   | 0.18   | 0.58   | 0.15   | —     | —      | —      |
| H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>  | 3.64  | 4.74   | 3.29   | 3.50   | 3.38   | 2.56  | 3.52   | 1.99   |
| H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>  | —     | —      | 0.36   | 0.10   | 0.34   | 0.27  | 0.21   | 0.36   |
| 挥发份                            | 0.68  | 1.35   | 0.71   | 0.19   | 0.47   | —     | —      | —      |
| 总 计                            | 99.97 | 100.24 | 100.36 | 100.49 | 100.35 | 99.57 | 100.22 | 100.03 |

CIPW

|    |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Q  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| C  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| Or | 0.59  | 6.08  | 1.18  | 7.09  | 4.43  | 7.09  | 2.24  | 2.36  |
| Ab | 38.08 | 11.97 | 43.41 | 34.27 | 41.21 | 34.47 | 15.57 | 38.08 |
| An | 30.19 | 31.89 | 22.37 | 24.76 | 18.66 | 25.38 | 24.17 | 15.42 |
| Ne | —     | 6.30  | —     | —     | 0.60  | 1.95  | —     | —     |
| Di | 9.47  | 14.94 | 6.43  | 4.76  | 6.19  | 7.77  | 11.60 | 16.83 |
| Hy | 1.79  | —     | 2.32  | 11.32 | —     | —     | 13.24 | 2.10  |
| Ol | 9.79  | 17.13 | 14.67 | 8.78  | 20.00 | 15.91 | 22.76 | 18.44 |
| Mt | 2.09  | 3.46  | 3.12  | 2.76  | 2.86  | 2.95  | 5.37  | 3.51  |
| Il | 2.24  | 1.41  | 1.71  | 1.37  | 1.71  | 1.06  | 0.91  | 0.61  |
| Ap | 0.98  | 0.57  | 0.39  | 1.27  | 0.33  | —     | —     | —     |

岩石名称: 611, 612, 644——单斜辉石-斜长石堆晶岩 (辉长岩); 622——斜方辉石-单斜辉石-斜长石堆晶岩 (二辉辉长岩); 631——橄辉石-斜方辉石-单斜辉石-斜长石堆晶岩 (橄辉辉长岩); 567, 544, 548——辉长岩。(注: 567, 544, 548据中国科学院地质研究所 102 队, 1961)

从表 1 和表 3 看出, 半坡超镁铁质堆晶岩与蛇绿岩中的同类岩石相比, MgO 含量偏低,

① CIPW 标准矿物以及一些计算的数据和比值, 是用沈步明同志编的程序在 Cromemco 微处理机上计算的



表3 辉长岩和超镁铁质岩若干指数和比值表

| 岩类                    | 地 区                  | SI    | L      | Fe <sup>①</sup> /Mg | DI      | CI    | Fo    | 资料来源       |
|-----------------------|----------------------|-------|--------|---------------------|---------|-------|-------|------------|
| 辉<br>长<br>岩           | 半 坡                  | 23-33 | 0-13   | 1.3-2               | 17-46   | 33-47 | 47-59 | 本 文        |
|                       | 典型地区蛇绿岩 <sup>①</sup> | 20-83 | -4-23  | 0.1-3               | 2-30    | 46-86 | 0-92  | (4)        |
|                       | 冈底斯                  | 17-28 | -3-6   | 1.6-2.8             | 29-50   | 32-53 | 0-47  | (5), (金成伟) |
|                       | 尤尼恩湾                 | 23-28 | -1-5   | 1.8-2.1             | 25-35   | 43-52 | 0-51  | (6)        |
|                       | 克拉斯山                 | 25-54 | -2-13  | 1-2.1               | 12-38   | 36-61 | 0-56  | (7)        |
| 超<br>镁<br>铁<br>质<br>岩 | 半 坡                  | 61-66 | -17-25 | 0.46-0.56           | 0.2-2.7 | 53-61 | 75-78 | 本 文        |
|                       | 典型地区*蛇绿岩             | 66-80 | -23-37 | 0.19-0.44           | 1.4-6.8 | 70-81 | 78-89 | (4)        |
|                       | 尤尼恩湾                 | 69-83 | -33-43 | 0.18-0.39           | 0-3.7   | 69-83 | 80-89 | (6)        |

SI——固结指数      L——拉森指数      DI——分异指数      CI——结晶指数  
Fo——计算的镁橄榄石重量百分数(×100)

① 典型地区蛇绿岩包括阿曼、巴布亚、塞浦路斯、沃瑞诺斯、坎扬山(美国)等地的镁铁质和超镁铁质堆晶岩

铁含量偏高, Fe/Mg比值以及固结指数、结晶指数、分异指数以及计算的镁橄榄石分子比也与蛇绿岩不同(见表3), 反映了原始岩浆富Fe的特征。这种贫Mg富Fe的特征在 AFM 图中也表现得十分清楚, 其投影点稍远离M端(图3a)。在图4中, 阿尔卑斯型岩体多分布在Ⅰ—Ⅲ区, 而阿拉斯加型多位于Ⅲ和Ⅳ区<sup>(12)</sup>。半坡超镁铁质岩位于Ⅳ区, 类似于阿拉斯加型。从表3和图3还可以看出, 典型阿拉斯加型的尤尼恩湾橄长岩与蛇绿质超镁铁质岩比较接近, 说明阿拉斯加型的岩石具有广泛的化学成分变化。

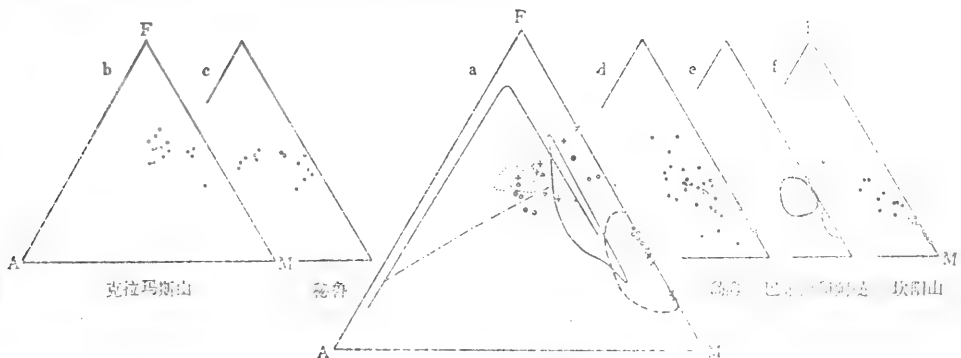


图3 AFM图解

图中空心圆点和实心圆点分别代表半坡的超镁铁质岩和镁铁质岩, 斜十字和十字分别代表尤尼恩湾(阿拉斯加东南)的超镁铁质岩和镁铁质岩<sup>(a)</sup>, 虚线圈出的范围为蛇绿质超镁铁质和镁铁质岩<sup>(4)</sup>, 实线范围示大西洋中脊辉长岩<sup>(6)</sup>, 点线范围为冈底斯岛弧辉长岩<sup>(5)</sup>(金成伟)。实线和虚线示斯凯尔加德层状侵入杂岩和卡斯卡德(美国西部)钙碱性岩浆的演化趋势

为了对比, 在b-f图中还表示了几个典型地区的辉长岩和超镁铁质岩的投影点和投影范围(实线和虚线), 其中b、c为与花岗岩基有关的辉长岩<sup>(7, 9)</sup>, d-f为蛇绿岩<sup>(10, 11)</sup>

半坡辉长质堆晶岩的Al和总碱量较高, 在 AFM 图中与阿拉斯加型的尤尼恩湾辉长岩很接近, 也类似克拉斯山以及秘魯的与花岗岩基有关的辉长岩, 近似钙碱性岩浆演化的趋势, 而不同于大洋中脊辉长岩以及蛇绿质辉长岩, 后者为典型的拉斑质玄武岩的演化趋势(图3a、d、e、f)。

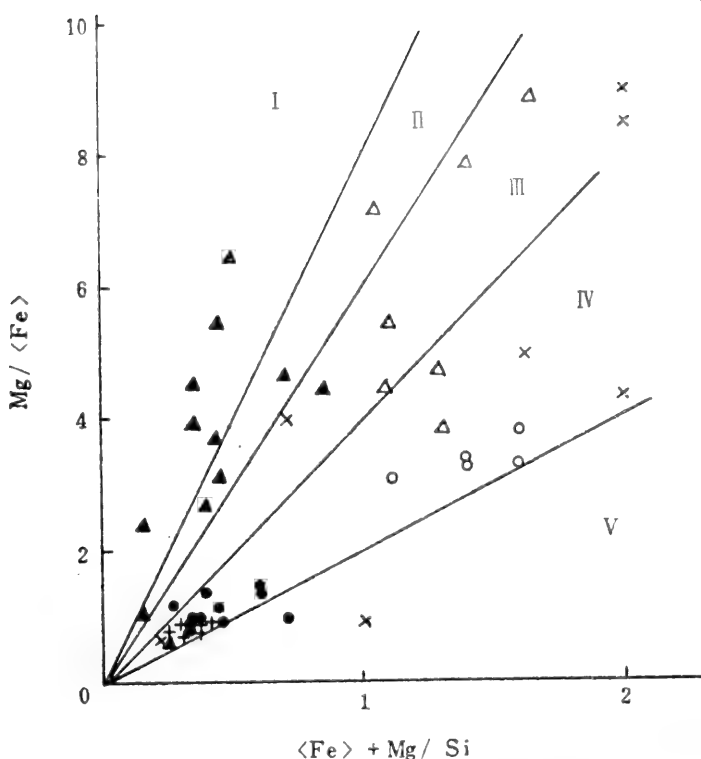


图4  $Mg/\langle Fe \rangle$  —  $(\langle Fe \rangle + Mg)/Si$  图解<sup>(12)</sup>

$\langle Fe \rangle$  为  $FeO$  (以  $FeO^*$  作为全铁) 中的  $Fe$  原子数。空心三角和实心三角分别代表蛇绿岩中的超镁铁质和镁铁质堆晶岩<sup>(4)</sup>, 其余图例同图3

I-超镁质区 II-镁质区 III-铁镁质区 IV-铁镁质区 V-铁质区

## 四、微量元素

### (一) 分析方法

对岩石中的  $Cr$ 、 $Ni$ 、 $Co$ 、 $V$ 、 $Mn$ 、 $Ti$ 、 $Zr$ 、 $Cu$ 、 $Y$ 、 $La$ 、 $Sr$ 、 $Sc$ 、 $Be$  和  $Ba$  等14个元素, 采用由GP3.5D1高频等离子发生器和WPC-100平面光栅摄谱仪组成的电感耦合高频等离子发射光谱法测定, 用过氧化钠分解样品, 不溶, 在6%的盐酸溶液一次摄谱。各元素单次摄谱均方误差在 $\pm 1.4-6.3\%$ 之间<sup>(13)</sup>。

至于稀土元素分析, 根据我单位现有条件, 也采用电感耦合等离子发射光谱法测定。为了保证微量稀土测定的准确性, 实验中以P507为固定相, 多孔微球粒硅胶为担体, 盐酸—氯化钠及盐酸为流动相, 采用萃取色谱法使稀土与伴生元素分离并富集分组后, 再用等离子光谱测定。样品先经氢氟酸处理氟化物沉淀后, 沉淀及不溶物用过氧化钠熔融, 三乙醇胺浸取。对含镁较高的超基性岩要经氢氧化铵—氯化铵分离, 得到的沉淀用盐酸溶解, 浓缩至小体积后, 调节酸度至pH2.4上柱, 以0.3N盐酸—0.2氯化钠为流动相洗脱La、Ce、Pr、Nd。用4N盐酸洗脱重稀土, 分别按选定条件用等离子光谱测定。本方法相对平均偏差轻稀土小于10%, 重稀土小于20%<sup>(14)</sup>。

### (二) 过渡金属

从图5中看出, 半坡超镁铁质堆晶岩的平均过渡金属分配型式类似于地幔岩, 呈一缓倾

斜的曲线，仅Ni有明显的亏损。半坡辉长岩的分配与加利福尼亚南部的（与花岗岩基伴生的）科尔特马德拉（Corte Madera）辉长岩<sup>(16)</sup>十分类似，图5中两条曲线紧密相伴，呈“W”型明显分异的型式。与大西洋中脊24°N钻孔中取出的辉长岩类相比，这两个岩石系列的多数元素的分布互相重叠，但是，根据它们的Ni、Cr含量仍然可以区别开来。洋脊辉长岩的Ni、Cr丰度高于半坡辉长岩（表4），图5中呈不太明显的“W”型。

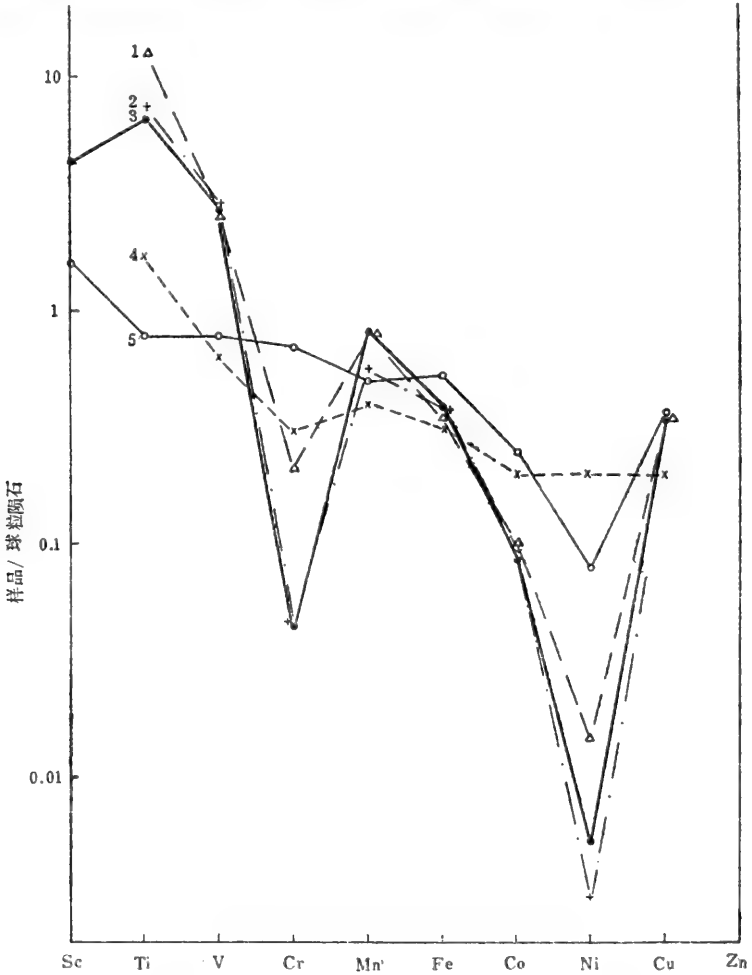


图5 球粒陨石标准化的过渡金属分配型式

- 1. 大西洋中脊24°N辉长岩（19个样品平均）<sup>(15)</sup>
- 2. 加利福尼亚科尔特马德拉辉长岩（820个平均）<sup>(16)</sup>
- 3. 半坡辉长岩（本文） 4. 地幔岩<sup>(17)</sup> 5. 半坡超镁铁质堆晶岩（本文）

过渡金属排列顺序的左端（Sc、Ti、V）为耐熔元素，其中的Ti/V比值也有不同的变化。Shervais（1982）指出，Ti/V比值小于20为岛弧玄武岩，Ti/V = 20—50为洋脊玄武岩，>50是碱性玄武岩<sup>(18)</sup>。Ti/V比值的这种变化看来不是由于源岩不同程度部分熔融引起的，而是反映了源区岩石成分的不同<sup>(19)</sup>。半坡和科尔特马德拉辉长岩的平均Ti/V比值分别为18和20，大西洋中脊辉长岩为37，或许暗示辉长岩从岩浆中的分离并不改变或不显著改变残余岩浆的Ti/V比值。半坡及科尔特马德拉辉长岩与岛弧火山岩的成因可能有密切的关系。

表4 微量元素化学分析

|                       |                        |     | V   | Mn   | Ti   | Zr  | Cu  | Y  | Sc | Ni   | Cr   | Co  | Sr  |
|-----------------------|------------------------|-----|-----|------|------|-----|-----|----|----|------|------|-----|-----|
| 超<br>镁<br>铁<br>质<br>岩 | 半<br>坡                 | 615 | 63  | 1110 | 450  | 79  | 43  | 2  | 13 | 1344 | 2483 | 157 | 5   |
|                       |                        | 616 | 63  | 1110 | 510  | 72  | 131 | 3  | 26 | 589  | 1175 | 87  | 9   |
|                       |                        | 617 | 104 | 1590 | 890  | 79  | 34  | 4  | 24 | 1047 | 3060 | 138 | 11  |
|                       |                        | 618 | 55  | 1350 | 410  | 77  | 31  | 2  | 12 | 817  | 2213 | 120 | 6   |
|                       |                        | 619 | 79  | 1350 | 540  | 88  | 21  | 3  | 11 | 1048 | 3020 | 178 | 6   |
|                       |                        | 平均  | 73  | 1300 | 560  | 79  | 52  | 3  | 17 | 969  | 2390 | 136 | 7   |
| 镁<br>铁<br>质<br>岩      | 半<br>坡                 | 611 | 219 | 1150 | 6030 | 69  | 23  | 28 | 29 | 52   | 54   | 40  | 211 |
|                       |                        | 612 | 314 | 2880 | 4270 | 71  | 60  | 17 | 41 | 52   | 72   | 50  | 167 |
|                       |                        | 622 | 269 | 1630 | 5150 | 54  | 106 | 12 | 28 | 50   | 75   | 44  | 164 |
|                       |                        | 631 | 220 | 3200 | 2800 | 11  | 23  | 6  | 29 | 40   | 72   | 23  | 380 |
|                       |                        | 644 | 258 | 1700 | 5370 | 111 | 39  | 19 | 46 | 133  | 493  | 63  | 183 |
|                       |                        | 平均  | 256 | 2110 | 4720 | 65  | 49  | 16 | 35 | 65   | 153  | 48  | 221 |
|                       | 大西洋中脊 <sup>(15)</sup>  |     | 240 | 2066 | 8932 |     | 48  | 29 |    | 176  | 730  | 55  | 176 |
|                       | 科尔特马德拉 <sup>(16)</sup> |     | 265 | 1440 | 5257 | 31  |     | 16 | 38 | 53   | 159  | 53  | 242 |

表 5 稀 土 元 素 化 学 分 析

| 编 号 | 岩石名称  | La  | Ce  | Pr | Nd   | Sm   | Eu   | Gd   |
|-----|-------|-----|-----|----|------|------|------|------|
| 616 | 异剥橄榄岩 | 1.0 | 2.0 | <2 | 1.15 | 0.36 | 0.14 | 0.47 |
| 631 | 橄榄辉长岩 | 3.0 | 8.0 | <2 | 5.8  | 2.0  | 0.73 | 2.8  |

| Tb   | Dy   | Ho   | Er   | Tm    | Yb   | Lu    | Y    | REE总量 |
|------|------|------|------|-------|------|-------|------|-------|
| <0.2 | 0.41 | <0.1 | 0.28 | 0.044 | 0.26 | 0.049 | 2.42 | 8.58  |
| 0.44 | 2.5  | 0.6  | 1.78 | <0.2  | 1.51 | 0.23  | 13.7 | 43.09 |

### (三) 稀土元素

稀土元素是一组稳定的元素,它不受变质作用、交代作用以及风化作用的影响,可用来鉴别岩石形成的原始环境。半坡异剥橄榄岩(616)的REE总量接近球粒陨石,轻稀土(LREE)稍富集(表5,图6),明显地不同于阿尔卑斯型的岩石,后者具很低的REE总量和LREE强烈亏损或“U”型的分布型式<sup>(20,21)</sup>。半坡辉长岩(631)的REE分布为平坦型的(图7),与蛇绿岩套中辉长岩的REE型式(如特罗多斯<sup>(22)</sup>、纽芬兰岛湾<sup>(24)</sup>、阿曼<sup>(25)</sup>)不同,后者具明显亏损LREE的分布和正Eu异常<sup>(24)</sup>。半坡辉长岩也不同于层状侵入岩(如斯凯尔加德、布什维尔德<sup>(26)</sup>)的REE分布,后者具LREE富集的类型,有或无正Eu异常。相反的是,半坡辉长岩与加利福尼亚著名的圣马科斯辉长岩的REE型式比较接近,除LREE圣马科斯稍富集外(图7),联系到它们在微量元素丰度上大体重迭(表4),暗示它们在成因上或许有某种相似性。

根据辉长岩和异剥橄榄岩REE分布型式判断,这两类岩石可能不是同源的。异剥橄榄岩

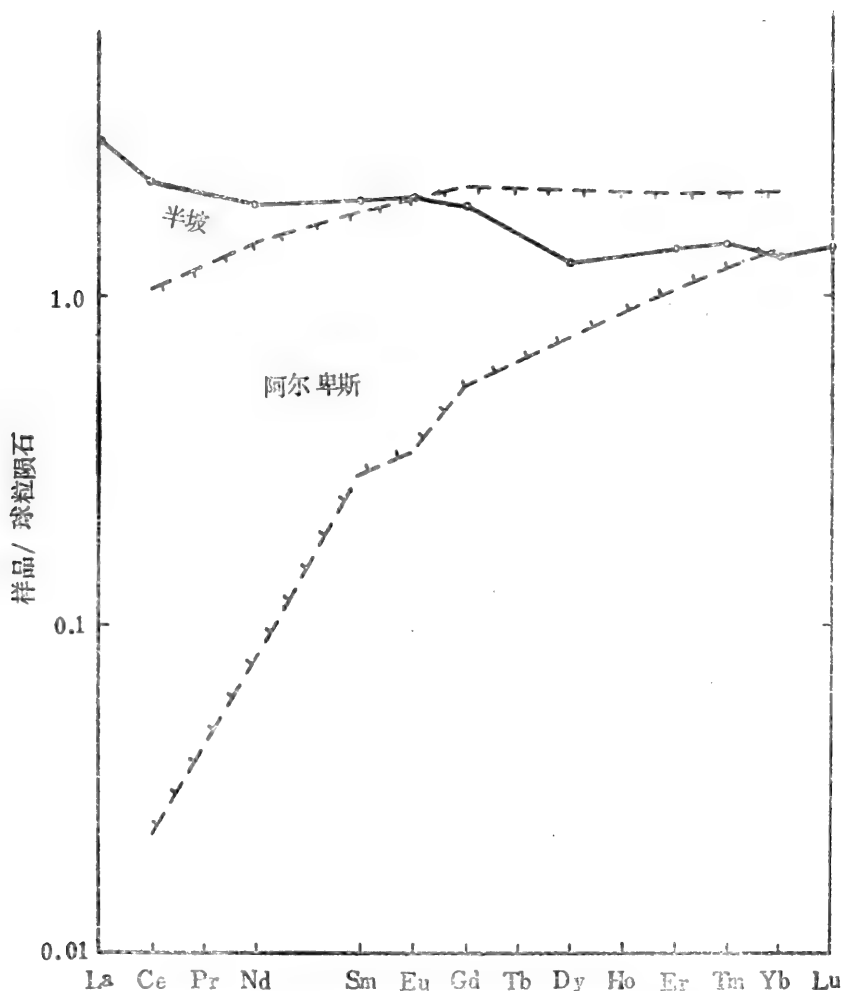


图6 超镁铁质岩球粒陨石标准化REE丰度图

阿尔卑斯型范围据Loubet等<sup>(20)</sup>

LREE略富集,  $(La/Sm)_N = 2.78$ , 辉长岩LREE略亏损,  $(La/Sm)_N = 0.87$ 。这种情况恰与野外观察的结果一致, 野外观察表明, 超镁铁质岩的侵位要晚于辉长岩(图1, 2)预示可能存在着两种不同成分的原始岩浆<sup>(3)</sup>。根据两种岩石均大体是平坦型的分布, 推测其源岩可能是不含石榴石的二辉橄榄岩, 其中, 异剥橄榄岩的源岩或许比辉长岩的源岩略富LREE。

## 五、讨 论

上述资料表明, 半坡超镁铁质和镁铁质堆晶岩不象是阿尔卑斯型的, 却与阿拉斯加型的比较接近。主要证据可列举如下:

1. 从构造位置上, 半坡岩体侵入在一套以碎屑岩为主, 夹酸性至基性火山岩岩系中, 火山岩为钙碱质至钾质系列的<sup>(28)</sup>, 属于岛弧环境的火山岩系, 与巨大的临沧花岗岩基相伴, 处于挤压的造山带环境。阿拉斯加型环状超镁铁质岩亦产在造山带内<sup>(3, 29, 30)</sup>。

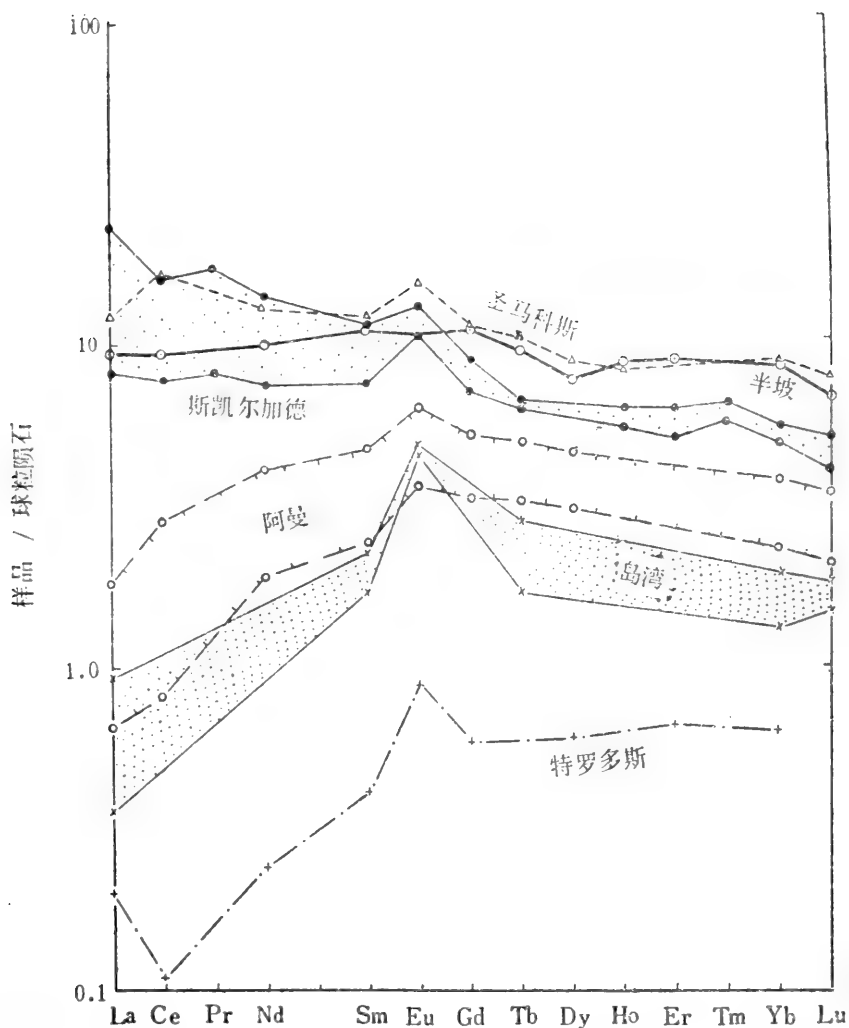


图7 辉长质岩石球粒陨石标准化REE丰度图

图中资料来源：特罗多斯<sup>(22)</sup>、岛湾<sup>(24)</sup>、阿曼<sup>(25)</sup>、斯凯尔加德<sup>(26)</sup>、圣马科斯<sup>(23)</sup>，半坡（本文）

2. 在岩石组合、岩石类型及其相互关系上，与阿拉斯加型类似的方面在于：它们都是堆晶岩，岩体规模均不大，超镁铁质岩都与辉长岩伴生，且前者均晚于后者<sup>(3)</sup>，亦有二者大致同时的<sup>(29)</sup>。

3. 在岩石化学以及微量元素地球化学方面，亦令人信服地表明它们更接近阿拉斯加型，而不是阿尔卑斯型。辉长岩富Al和碱含量，暗示可能的原始岩浆是高Al玄武岩。这里要指出一点，即阿拉斯加型的和与花岗岩基伴生的超镁铁质岩和镁铁质岩，原来视为两种不同类型的岩石<sup>(31)</sup>，后来的研究表明，它们或许是同一种类型的<sup>(29, 30)</sup>。

但是，半坡岩体还不象是典型的阿拉斯加型的，主要表现在岩石类型上，阿拉斯加型的超镁铁质岩以纯橄岩、单辉岩、角闪辉石岩为主，各种岩石常呈环状分布；而半坡以单辉橄岩为主，环状构造亦不清楚。

阿拉斯加型的超镁铁质岩和镁铁质岩主要出露在北美西部和乌拉尔地区，其中以阿拉斯

加东南部最负盛名<sup>(3)</sup>。在我国东北的那丹哈达岭地区亦有这种类型的岩体<sup>(27)</sup>但未见详细的报道。我们的初步研究表明,在临沧花岗岩基东缘沿澜沧江一带也存在这类岩体,这对查明该带超镁铁质岩和镁铁质岩的类型、分布,对探讨澜沧江深断裂带在板块构造历史上的作用和性质以及成矿预测的研究或许会有某些启发。

## 参 考 文 献

- (1) 刘朝基, 1980, 中国地质科学院院报: 成都地质矿产研究所分刊, 1, 48—58.
- (2) Brothes, R. N., 1964, *J. Petrol.*, 5, 274—285.
- (3) 卡迈克尔, I. S. E., 特纳, F. J. 和弗尔福根, J., 1982, 火成岩石学, (从柏林等译) 地质出版社.
- (4) Coleman, R. G., 1977, *Ophiolites*, Spring Verlag Berlin.
- (5) 周云生等, 1980, 西藏岩浆活动和变质作用, 科学出版社.
- (6) Ruckmick, J. C. and Noble, J. A., 1959, *Geol. Soc. Am., Bull.*, 70, 981—1018.
- (7) Hotz, P. E., 1971, *U. S. Geol. Surv., Prof. Paper* 684—B.
- (8) Serri, G., 1980, *Ophiolites*, Proc. Inter. Ophio. Sym. Cyprus, (Panayiotou, A., ed.) 296—313.
- (9) Brown, G. L., 1982, *Andesites; Orogenic andesites & related rocks*, (Thorpe, R. S., ed.) John Wiley & Sons Chichester, 437—461.
- (10) Malpas, J., 1977, *North American Ophiolites* (Coleman, R. G. & Irwin, W. P., ed.) Oregon, 13—24.
- (11) Thayer, T. P., 1977, *idem* 93—109.
- (12) 张雯华和从柏林, 1976, 科学通报, 21, 179—183.
- (13) 王德恭和胡仁桥, 1982, 地质科研成果选集(中国科学院地质研究所编著) 1, 315—319.
- (14) 伊丽莹, 王德恭、胡仁桥、张凤秋, 1984, 中国科学, (B辑175-184)。
- (15) Thompson, G., 1973, *Chem. Geol.*, 12, 99—112.
- (16) Lillis, P. G., Walawender, M. J., Smith, T. E. and Wilson, J., 1979, *Mesozoic crystalline rocks* (Abbott, P. L. & Todd, V. R., ed.) Dept. Geol. Sci., San Diego State Univ., 143—150.
- (17) Kay, R. W. and Hubbard, N. J., 1976, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 38, 95—116.
- (18) Shervais, J. W., 1982, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 59, 101—118.
- (19) Langmuir, C. H., Bender, J. F., Bence, A. E., Hanson, G. N. & Taylor, S. T., 1977, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 36, 133—156.
- (20) Loubet, M., Shimizu, N. and Allegre, C. J., 1975, *Contr. Mineral. Petrol.*, 53, 1—12.
- (21) Frey, F. A., Haskin, L. A. & Haskin, M. A., 1971, *J. Geophys. Res.*, 76, 2057—2070.
- (22) Kay, R. W. and Senechal, R. G., 1976, *J. Geophys. Res.*, 81, 965—970.
- (23) Towell, D. G., Winchester, J. W. & Sprin, R. V., 1965, *J. Geophys. Res.*, 70, 3485—3496.
- (24) Suen, J., Frey, F. A. & Malpas, J., 1979, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 45, 337—348.
- (25) Pallister, J. S. & Knight, R. J., 1981, *J. Geophys. Res.*, B-86, 2673—2697.

注: 刘秉光副研究员详细介绍了半坡岩体的资料并仔细审阅了本文; 云南地质局范承钧、王凯元高级工程师, 第五地质队王明新同志对我们初次来云南工作给予很大的帮助, 使我们受益匪浅; 周云生、郑学正同志审阅了本文初稿, 提出了宝贵的修改意见; 许节贞同志承担了主元素分析工作。在此一并致以深切的谢意。

- (26) Haskin, L. A. & Haskin, M. A., 1968, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 32, 433—447.
- (27) 从柏林, 1979, 岩浆活动和火成岩组合, 地质出版社。
- (28) 张魁武等, 1986, 青藏高原研究, 横断山考察专集(二) 北京科学技术出版社
- (29) James, O. B., 1971, *J. Petrol.*, 12, 523—560.
- (30) Jackson, E. D., 1971, *Fortschr. Miner.*, 48, 128—174.
- (31) Wyllie, P. J., 1967. (ed.) *Ultramafic and related rocks*, John Wiley & Sons, Inc., New York

# ULTRAMAFIC AND MAFIC CUMULATES IN BANPO AREA OF JINGU COUNTY, YUNNAN PROVINCE; A PROBABLE ALASKA-TYPE PLUTON

Zhang Qi    Li Dazhou    Zhang Kuiwu    Yi LiYin    Wang Degong  
Institute of Geology, Academia Sinica

## Abstract

The Banpo pluton is one of a series of ultramafic and mafic cumulate complexes that occurred in the eastern margin of Lincang granite batholith intruded into middle and upper Triassic series consisting of sedimentary-volcanic rocks of island-arc type. It is possible that the ultramafic and mafic cumulates described here belong to Yinzhi-Yanshan periods.

Average chemical composition for selected lithologic samples indicates that the ultramafic rocks in Banpo area are characterised by richer in Fe than those of the same rocks in ophiolites from different regions. Chondrite-normalized rare earth elements pattern of olivine cumulate (wehrlite) in Banpo area show light REE slight enrichment, contrasting to strongly depleted LREE patterns of Alpine-type. In contrast to gabbroic rocks (involving gabbroic cumulates and massive gabbroids) from ophiolites in the world, the gabbros here have high Al and total alkali contents and show a probable trend of high Al basaltic parent magma in AFM diagram. They have lower Cr, Ni concentrations and Ti/V ratio as compared with those of MOR gabbros which reflect distinctive diversity of petrologic compositions of source regions. Their chondrite-normalized REE distributions show a nearly smooth pattern without distinguished Eu anomaly, which is similar to that of gabbro of San Marcos, California. All of these indicate that the plutons mentioned above are similar to mafic and ultramafic rocks of Alaska-type and not a part of ophiolites. There may be plutons of Alaska-type in western Yunnan Province which appears to be the first record in China.



## 18. 云南孟连地区火山岩的岩石化学和地球化学特征及其地质意义

李达周 张 旗 张魁武

(中国科学院地质研究所)

云南孟连地区的火山岩主要分布于孟连县南部的曼信一带,大致呈南北向展布,向南延出国境至缅甸,向东北方向在东岗、依柳一带亦有出露(图1)。火山岩由拉斑质橄榄玄武岩和粗玄武岩组成,夹少量苦橄玢岩、碱性玄武岩和安山玄武岩,具枕状构造。此外,尚夹有超基性岩和少量辉长岩、辉绿岩块体以及含放射虫硅质岩和灰岩块体等<sup>①</sup>。火山岩上覆泥质岩、硅质泥质岩和含放射虫硅质岩。根据火山岩岩石化学和微量元素地球化学特征,与夏威夷拉斑玄武岩类似,似乎具有洋脊和洋岛复合类型的构造环境。

云南省地质局区调队在该区做了大量的工作,首先提出在这里存在混杂堆积和蛇绿岩<sup>②</sup>,给我们以很大的启发。我们在他们研究的基础上,着重对火山岩进行了初步的调查,本文报导我们的初步研究成果,供对滇西板块构造有兴趣的同行参考。

### 一、地 质 概 况

图1展示了孟连地区晚古生代时期的地质概貌。为了简化起见,古生代以后的沉积已全部剥去。基底浅变质岩(包括孟连西部的西盟群和孟连东部零星出露的澜沧群)时代有争论,可能为早古生代或前寒武纪的<sup>(1,2,3)</sup>。中部为一南北向的盆地(向北一直可延伸到昌宁县),有化石依据的最老的地层是泥盆系,一直延续到二叠系。这一套晚古生代地层,以长石石英砂岩和粉砂岩为主,夹少量泥岩,厚度巨大,韵律明显,可能属近海的陆缘碎屑岩系。其中西部的地层在古生代末期卷入俯冲带中,组成了一套混杂堆积。后期的仰冲作用产生了一系列推复构造。混杂堆积的基体是二叠系拉巴组砂岩、泥岩以及伊柳组火山岩。混杂的块体有砂岩、灰岩、含放射虫硅质岩、玄武岩、苦橄玢岩、辉绿岩、辉长辉绿岩以及单辉橄榄岩等,其时代从泥盆纪至二叠纪<sup>③</sup>。孟连火山岩即位于混杂堆积内部(图1),火山岩未见底,顶部在曼信一带上覆有泥质岩、含炭质泥质岩、向上逐渐过渡为硅质泥岩及硅质岩(图2)。火山岩枕状构造发育,枕体长轴约30—150厘米,扁平状,边部气孔多,剥离面清晰。由枕体边部至中心粒度增大。成分主要有玄武岩、苦橄玢岩、碱性橄榄玄武岩等。枕状熔岩内部尚夹有玄武质火山碎屑岩和火山角砾岩,角砾成分仍以玄武质为主,胶结物为细碎屑的火山物质。根据枕体排列方向判断,玄武岩组成复式背斜,在曼信一带被中-晚石炭世灰岩超复(图2)。灰岩单层厚度大,质纯,含丰富的化石,为陆棚海环境的沉积。此外,区内西部还有广泛的侏罗纪红层分布,图1中已予以省略了。

总的构造格局是:东部澜沧群属临沧岛弧区,西部西盟群和石炭系灰岩为保山微板块范

① 段彦学、洪雨和刘来仪, 1982

② 范承钧, 云南地质, 1, 1982, 323-336

③ 施加辛、杨泉根和庄培元, 云南地质, 1, 1982, 393

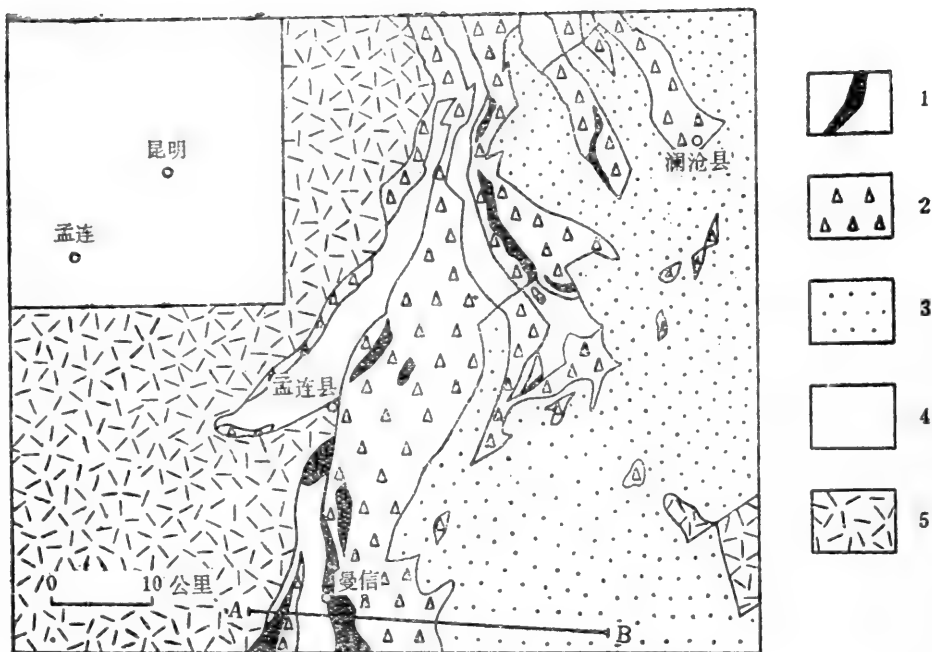


图1 孟连地区概略地质图 (据段彦学等的资料简化<sup>(1)</sup>)

1. 火山岩(P) 2. 混杂堆积 3. 陆源碎屑沉积( $C_1$ ) 4. 浅海碳酸盐沉积( $C_{2-3}$ ) 5. 基底浅变质岩(Pz1或An)

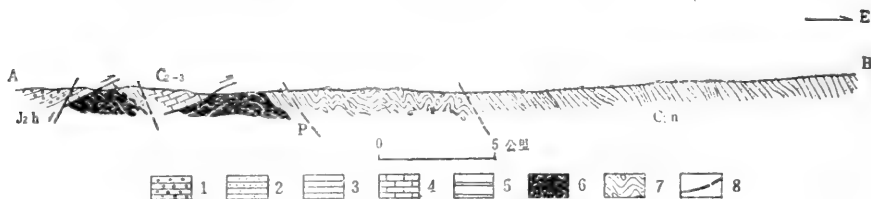


图2 曼信地区地质剖面图

1. 砾岩 2. 砂岩 3. 页岩 4. 灰岩 5. 硅质岩 6. 火山岩 7. 混杂堆积 8. 断层  
地层时代据段彦学等<sup>(1)</sup>。剖面位置见图1

围, 中部为昌宁—孟连晚古生代海槽, 孟连火山岩即为该海槽晚期的产物。

## 二、岩相学特征

孟连地区的玄武岩主要由中-细粒的单斜辉石、斜长石和磁铁矿组成, 具粗玄结构, 粗面结构, 有的具斑状结构。斑晶有单斜辉石、橄榄石、斜长石, 有的还有磁铁矿。基质以斜长石为主, 次为单斜辉石和磁铁矿。有的单斜辉石斑晶为包形, 定向排列, 边缘有暗化边, 为经历了再次熔融的产物。杏仁状构造、气孔状构造常见, 内充填绿帘石、绿泥石和石英等。苦橄玢岩的主要成分是橄榄石, 其次为斜方辉石, 二者呈自形晶体。晶体间隙的液体多结晶成骸晶状的单斜辉石、斜方辉石和钛铁矿。钛铁矿成针状有规律分布, 夹于斜方辉石和橄榄石之间。有的单斜辉石(富铁普通辉石)结晶较大, 呈它形限于橄榄石和斜方辉石间

隙中。火山岩普遍遭受蚀变，常见的次生矿物有绿帘石、绿泥石、钠长石、蛇纹石和榍石，其次还有绿纤石、斜黧帘石、石英、黑云母等。

### 三、岩石化学特征

孟连火山岩的主要元素和微量元素数据列于表1。从表中可以看出，孟连火山岩明显的特征是高Ti低K（ $\text{TiO}_2$ 平均含量为2.41%， $\text{K}_2\text{O}$ 平均0.55%），除少数 $\text{K}_2\text{O}$ 含量较高（326号样品）属于碱性玄武岩外，大都为拉斑玄武岩，与夏威夷拉斑玄武岩平均成分很相近<sup>(2)</sup>

（表1）。在AFM图中岩石投影点靠近F端，说明火山岩中Fe总量偏高（ $\text{FeO}^*/\text{MgO}$ 平均为1.57）。其演化趋势是从M端到F端，大致平行FM边，与夏威夷拉斑玄武岩的演化趋势线大致吻合（图3）。

众所周知，Ti在火山岩中是一个比较稳定的元素，不大容易受蚀变及风化作用的影响<sup>(4)</sup>。而且Ti的含量与源区岩石成分亏损程度以及部分熔融程度有密切的关系。岛弧玄武岩是低Ti的玄武岩，平均 $\text{TiO}_2$ 含量约为0.83%<sup>(5)</sup>，洋脊拉斑玄武岩Ti含量中等（平均1.44%<sup>(3)</sup>），板内拉斑玄武岩和碱性玄武岩Ti含量最高。夏威夷拉斑玄武岩 $\text{TiO}_2$ 平均为2.43%，与孟连玄武岩类似（表1）。由于Ti含量高，致使 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ 和 $\text{CaO}/\text{TiO}_2$ 比值降低，在图4中孟连火山岩的点大都落在夏威夷拉斑玄武岩范围内，显示本区具有高热流的特征。

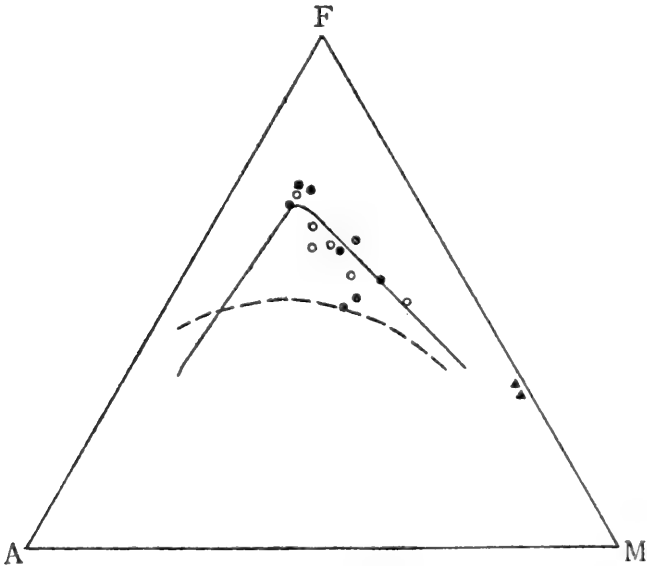


图3 AFM图

（ $A = \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ， $F = \text{Fe}_2\text{O}_3 \times 0.899 + \text{FeO}$ ， $M = \text{MgO}$ ，重量百分数）。图中实心三角为苦橄岩，圆点和空心圆圈为玄武岩，其中空心圆圈系取自段彦学等的资料①。实线和虚线分别表示了夏威夷拉斑玄武岩和碱性玄武岩的演化趋势<sup>(6)</sup>。从图中看出，孟连玄武岩除个别相当碱性玄武岩外，其余均位于拉斑玄武岩演化趋势线附近

表1 孟连曼信地区火山岩主要元素和微量元素化学分析

| 主要元素                           | 344   | 365   | 326    | 342 | 343   | 347   | 349 | 350    | 354    | 355   | 367    | 370   | 玄武岩<br>平均 | 夏威夷<br>(143) | 洋脊<br>玄武岩 |
|--------------------------------|-------|-------|--------|-----|-------|-------|-----|--------|--------|-------|--------|-------|-----------|--------------|-----------|
| SiO <sub>2</sub>               | 40.69 | 39.68 | 50.04  |     | 48.50 | 46.88 |     | 58.98  | 45.85  | 46.47 | 47.13  | 45.09 | 47.87     | 47.70        | 49.34     |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.74  | 0.87  | 1.80   |     | 2.14  | 2.40  |     | 1.98   | 3.31   | 1.31  | 3.18   | 3.37  | 2.41      | 2.43         | 1.49      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5.20  | 5.50  | 13.62  |     | 14.25 | 13.82 |     | 11.05  | 15.90  | 16.02 | 13.39  | 13.46 | 13.76     | 14.82        | 17.04     |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 4.33  | 5.96  | 2.22   |     | 2.50  | 5.32  |     | 5.61   | 12.39  | 3.92  | 6.19   | 5.88  | 6.44      | 3.79         | 1.99      |
| FeO                            | 7.60  | 6.16  | 8.43   |     | 8.40  | 11.22 |     | 7.28   | 2.93   | 7.47  | 7.59   | 7.97  | 7.34      | 8.00         | 6.82      |
| MnO                            | 0.20  | 0.17  | 0.71   |     | 0.19  | 0.31  |     | 0.30   | 0.11   | 0.20  | 0.19   | 0.20  | 0.20      | 0.18         | 0.17      |
| MgO                            | 27.97 | 22.49 | 7.02   |     | 6.89  | 3.01  |     | 2.06   | 2.30   | 7.43  | 5.77   | 5.94  | 5.42      | 8.35         | 7.19      |
| CaO                            | 4.43  | 4.25  | 7.14   |     | 8.96  | 8.32  |     | 5.35   | 10.36  | 10.54 | 8.96   | 10.63 | 8.75      | 9.91         | 11.72     |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.30  | 0.25  | 3.70   |     | 3.65  | 3.85  |     | 4.00   | 3.85   | 2.90  | 4.00   | 3.05  | 3.91      | 2.42         | 2.73      |
| K <sub>2</sub> O               | 0.25  | 0.20  | 1.55   |     | 0.76  | 0.12  |     | 0.20   | 0.17   | 0.10  | 0.35   | 0.10  | 0.45      | 0.55         | 0.16      |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.17  | 0.29  | 0.26   |     | 0.21  | 1.15  |     | 0.94   | 0.48   | 0.25  | 0.60   | 0.63  | 0.49      | 0.32         | 0.16      |
| H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>  | 6.54  | 8.33  | 3.01   |     | 3.34  | 3.35  |     | 2.09   | 2.58   | 2.80  | 2.54   | 3.11  | 2.85      | 0.95         | 0.69      |
| H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>  | —     | —     | —      |     | —     | —     |     | —      | —      | —     | —      | —     | —         | 0.59         | 0.58      |
| 灼失量                            | 0.93  | —     | 0.50   |     | 0.16  | 0.21  |     | 0.32   | 0.42   | 0.41  | 0.46   | 0.39  | 0.27      | —            | —         |
| 合 计                            | 99.35 | 99.15 | 100.00 |     | 99.95 | 99.96 |     | 100.16 | 100.65 | 99.82 | 100.35 | 99.82 | 99.89     | 99.99        | 99.68     |

微量元素

| V | 123 | 148 | 310 | 316 | 323 | 94 | 100 | 376 | 355 | 380 | 399 | 252 | 304 | 292 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|   |     |     |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |

(续表 1)

| 主要元素 | 344  | 365  | 326   | 342   | 343   | 347   | 349   | 350   | 354   | 355  | 367   | 370   | 玄武岩<br>平 均 | 夏威夷<br>(143)        | 洋 脊<br>玄武岩 |
|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------------|---------------------|------------|
| Mn   | 1640 | 1820 | 5270  | 1910  | 1860  | 2570  | 2510  | 2660  | 1150  | 2000 | 1910  | 2090  | 2316       | 1360 <sup>(1)</sup> | 1320       |
| Ti   | 4170 | 5620 | 12250 | 13320 | 14060 | 15270 | 15550 | 13360 | 23120 | 8310 | 20190 | 26010 | 14269      | 15100               | 8930       |
| Zr   | 148  | 174  | 120   | 195   | 254   | 469   | 288   | 316   | 324   | 116  | 309   | 275   | 249        |                     | 95         |
| Cu   | 102  | 66   | 118   | 103   | 120   | 30    | 31    | 27    | 70    | 148  | 71    | 162   | 87         |                     | 77         |
| Y    | 13   | 17   | 26    | 31    | 34    | 106   | 91    | 69    | 38    | 30   | 38    | 40    | 50         |                     | 43         |
| Sc   | 16   | 20   | 18    | 30    | 35    | 38    | 21    | 30    | 26    | 32   | 27    | 22    | 26         | 29                  | 61         |
| Ni   | 1622 | 1634 | 99    | 158   | 170   | 166   | 110   | 116   | 161   | 162  | 217   | 226   | 159        | 134                 | 97         |
| Co   | 148  | 170  | 97    | 115   | 123   | 100   | 83    | 76    | 115   | 115  | 132   | 132   | 100        | 44                  | 32         |
| Cr   | 2193 | 1933 | 335   | 323   | 339   | 49    | 47    | 42    | 156   | 331  | 229   | 222   | 142        | 301                 | 297        |
| Sr   | 152  | 64   | 364   | 216   | 189   | 117   | 118   | 74    | 227   | 176  | 334   | 846   | 240        | 452                 | 130        |
| Ba   | 83   | 42   | 797   | 348   | 200   | <40   | <40   | 35    | 76    | 45   | 157   | <40   |            |                     | 14         |
| La   | 7    | 10   | 13    | 22    | 22    | 32    | 26    | 20    | 42    | <5   | 35    | 39    | 22         | 12                  | <80        |
| Rb   | 5    | 6    | 22    | 6     | 5     | 2     | 2     | 3     | 2     | 4    | 2     | 1     | 5          | 10                  | <10        |
| Li   | 1    | 4    | 8     | 2     | 2     | 1     | 3     | 3     | 1     | 3    | 2     | 2     | 3          |                     | 9          |
| Zn   | 362  | 257  | 201   | 233   | 177   | 257   | 233   | 193   | 112   | 201  | 161   | 169   | 213        |                     |            |

注: 344、365为苦橄岩, 350为安山岩, 其余为玄武岩

夏威夷拉班玄武岩据Macdonald and Katsura (1964)<sup>(2)</sup>洋脊玄武岩据Engrl等 (1965)<sup>(3)</sup>

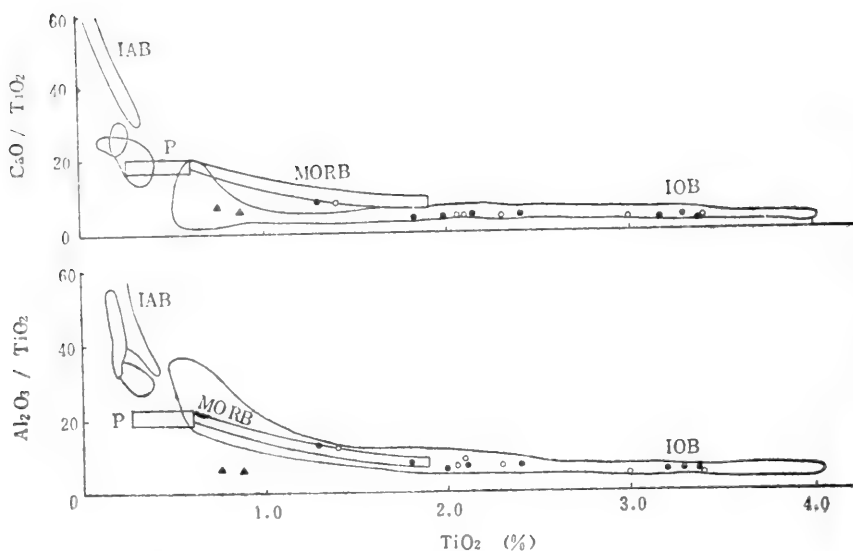


图4  $\text{CaO}/\text{TiO}_2$ — $\text{TiO}_2$ 和 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ — $\text{TiO}_2$ 图<sup>(7)</sup>  
IAB—岛弧玄武岩 MORB—洋脊玄武岩 P—地幔岩 IOB—夏威夷拉斑玄武岩<sup>(2)</sup>。图例同图3

#### 四、微量元素特征

球粒陨石标准化的过渡金属丰度对判断火山岩的分异程度是很有意义的,从图5中看出,孟连火山岩呈“W”型分布,与苦橄玢岩相比,强烈亏损Cr和Ni,稍许富集耐熔金属如Sc、Ti、V。与夏威夷拉斑玄武岩及洋脊拉斑玄武岩比较类似(除孟连玄武岩Co明显偏高外),均为分异良好的火山岩。

孟连玄武岩与洋脊玄武岩相比,富集Ti、Zr、Sr、Ba、K和P等不相容元素,而Y、V、Cu等含量相近,与Pearce提出的板内拉斑玄武岩的特征一致<sup>(4)</sup>。在Ti—Zr和Zr/Y—Zr图解中(图6、7),投影点大都落在板内玄武岩范围,少数落在洋脊玄武岩范围。图6中苦橄玢岩Zr含量低,落入岛弧玄武岩范围。孟连玄武岩 $\text{K}/\text{Rb} = 375$ ,  $\text{Ti}/\text{V} = 57$ ,接近夏威夷拉斑玄武岩(平均值分别为540和50<sup>(2)</sup>),而不同于洋脊玄武岩(平均值分别为1050和30<sup>(3)</sup>)。但是Ti/Y比值却呈现相反的情况,孟连玄武岩的 $\text{Ti}/\text{Y} = 285$ ,接近洋脊玄武岩(200)而低于夏威夷拉斑玄武岩(562)。

#### 五、讨 论

由上面的叙述可见,孟连玄武岩富集不相容元素Ti、Zr、Sr、Ba、K和P等, Ti/V比值高,  $\text{K}/\text{Rb}$ 、Ti/Y比值低,与夏威夷拉斑玄武岩类似,而不太象洋脊拉斑玄武岩。野外观察表明,孟连拉斑玄武岩位于含放射虫硅质岩下部,玄武岩中还有放射虫硅质岩夹层,应是洋底火山岩类型,其产出特征类似于现代洋脊的环境。但是,岩石化学和地球化学特征却类似于夏威夷型的洋岛拉斑玄武岩。类似的实例在冰岛、雷克雅内斯洋脊和红海也报导过,它们虽处于现代洋底扩张中心,但其岩石化学和地球化学特征却相当于板内玄武岩或板内玄武

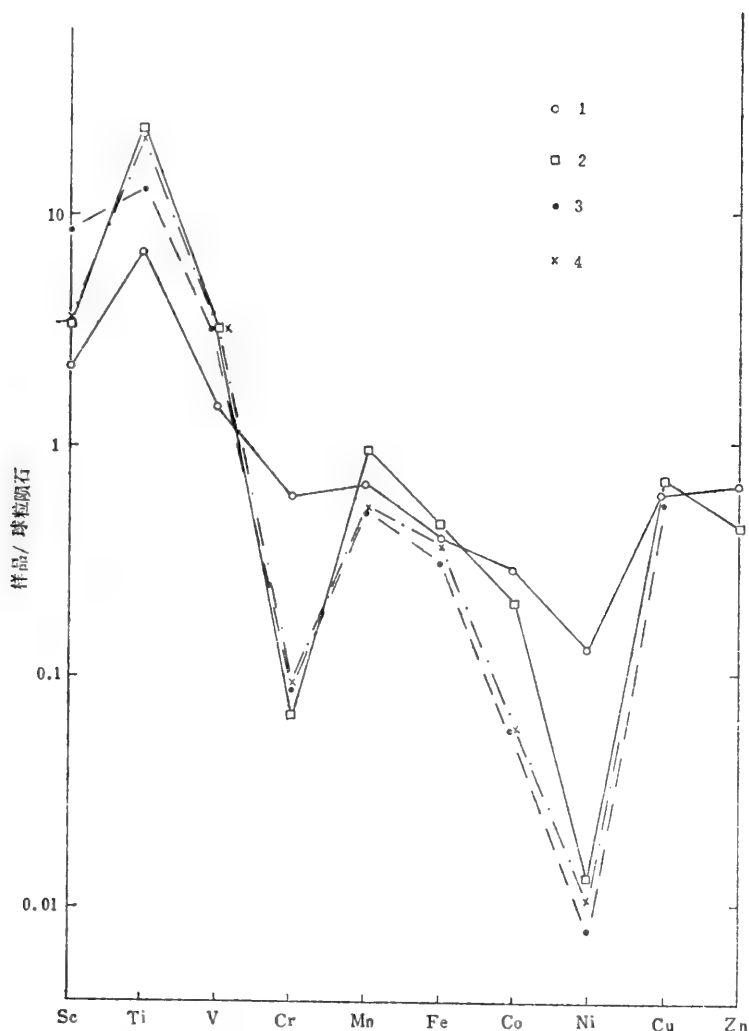


图5 球粒陨石标准化的过渡金属丰度图

1. 苦橄玢岩 2. 玄武岩 3. 洋脊拉斑玄武岩<sup>(3)</sup>  
4. 夏威夷拉斑玄武岩<sup>(2)</sup>

岩与洋脊玄武岩之间的过渡类型的环境<sup>(4)</sup>。似乎反映了洋脊与热点重迭的情况，使该区热流值明显增高。

从孟连地区地质演化历史来看，在早古生代时期，保山微板块<sup>④</sup>处于稳定的浅海环境，沉积了一套以碳酸盐为主的地层。至泥盆纪开始发生分化，西部仍继承稳定的浅海环境，以碳酸盐为主，间夹少量玄武岩。而东部昌宁—孟连一带却拉开、下陷，沉积了一套以陆缘碎屑为主的地层，可能系大陆坡沉积。根据孟连和云县铜厂街地区硅质岩中放射虫化石的资料，其时代为晚二叠世的，孟连还有晚泥盆世的分子<sup>(10)</sup>。推测昌宁—孟连海槽大洋化的时间大约是在泥盆纪晚期才开始的，洋底逐渐扩张，产生一套蛇绿岩组合的岩石。可能在晚二叠世时，洋盆开始收缩，向东俯冲，形成孟连地区的混杂堆积。临沧花岗岩带内若干I型花岗岩以及石炭纪火山岩可能也与这种俯冲作用有关<sup>(1)</sup>。至二叠纪末三叠纪初，保山微

④ 王凯元 (1983) 和施琳、陈吉琛 (1983) 称之为保山微大陆，彭兴阶和罗万林称之为冈底斯中间板块<sup>(1)</sup>

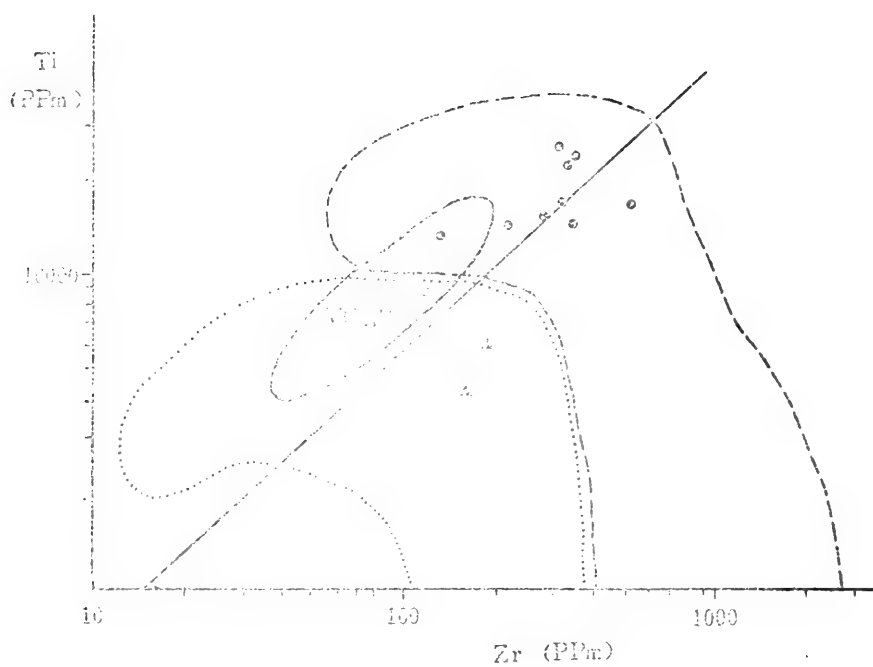


图6 Ti—Zr图<sup>(4)</sup>  
图例同图3

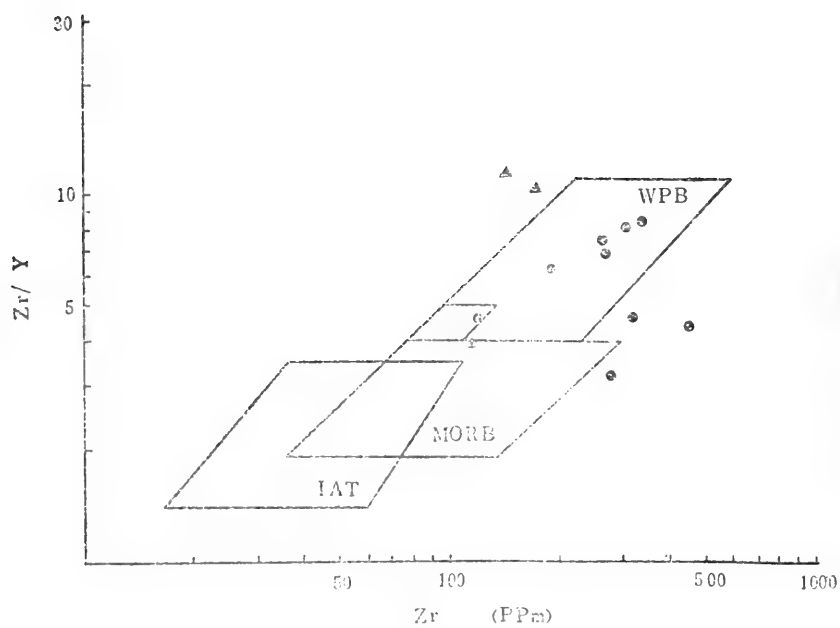


图7 Zr/Y—Zr图<sup>(5)</sup>  
图例同图3



板块与临沧岛弧碰撞, 洋盆消失。由于板块继续受挤压, 强烈的仰冲作用造成孟连地区一系列的推复构造。规模巨大的临沧花岗岩基(据罗万林同志介绍, 主体是S型花岗岩)可能是在后期由于板块挤压陆壳重熔而形成的。

在野外工作之前及资料整理过程中, 得到云南地质局区调队段彦学、洪雨和肖荫文同志的热情帮助, 给我们提供了许多宝贵的资料, 笔者表示衷心的感谢。周云生同志仔细审阅了本文, 提出了很好的修改意见。许节贞、胡仁桥和李德春同志承担了主元素和微量元素分析工作。在此一并致以谢意。

### 参 考 文 献

- (1) 彭兴阶和罗万林, 1982, 中国区域地质, 2, 69—75.
- (2) Macdonald, G. A. and Katsura, T., 1964, J. Petrol., 5, 82—133.
- (3) Engel, A. E. J., Engel, C.G. and Havens, R. G., 1965 Geol. Soc. Am., Bull., 76, 719—734.
- (4) Pearce, J. A., A "users guide" to basaltic discrimination diagrams (in press).
- (5) Pearce, J. A., 1975, Tectonophysics, 25, 41—67.
- (6) Malpas, J., North American Ophiolites (Coleman, R. G., et al., ed.) 1977, 13—23.
- (7) Sun, S. S. and Nesbitt, R. W., 1978, Geology, 6 689—693.
- (8) Perfit, M. R., Gast, D. A., Bence, A. E., Arculus, R. J. and Taylor, S. R., 1980, Chem. Geol., 30, 227—256.
- (9) Pearce, J. A. and Norry, M. J., 1979, Contr. Mineral. Petrol., 69, 33—47.
- (10) 李红生, 1986, 青藏高原研究, 横断山考察专集(二)北京科学技术出版社.

**PETROCHEMISTRY, GEOCHEMISTRY AND GEOLOGICAL  
SIGNIFICANCE OF VOLCANIC ROCKS IN MENGLIAN  
AREA, YUNNAN PROVINCE**

Li Dazhou    Zhang Qi    Zhang Kuiwu  
Institute of Geology, Academia Sinica

**Abstract**

The pillow lavas in Menglian area mainly consist of tholeiitic olivine basalts and dolerites, and less picrites, alkaline basalts and andesites which are overlaid by permian radiolarian-bearing siliceous rocks. The pillow lavas are characterised by high Ti and low K and show the evolutionary trend of Hawaiian tholeiitic basalt series in AFM diagram. The tholeiites in this area is rich in such incompatible elements as Ti, Zr, Sr, Ba, K, P, etc., and have higher Ti/V and lower K/Rb ratios as compared with mid-oceanic ridge basalts (MORB). These indicate that the volcanic rocks in Menglian area are similar to Hawaiian tholeiitic basalts and probably belonging to volcanic series originated from oceanic islands tectonic setting. However the Y, Cu, V concentrations and Ti/Y ratio approximate to those of MORBs. Overlaying radiolarian cherts found during the field observations give a good evidence of their formation at deeper oceanic floor which appear to occupy oceanic ridge setting. Petrochemical and trace element geochemical characteristics, however, imply a oceanic island setting or transitional type between oceanic island and mid-oceanic ridge settings. It appears to reflect the superimposing of spreading oceanic ridge with hot spot come from mantle plume, causing a considerable increase of hot flow in that area.

# 19. 滇西德钦—维西—剑川—景洪一带火山岩 的岩石化学特征和成因的讨论

张魁武 张 旗 李达周

(中国科学院地质研究所)

地处我国西南边疆的云南西部地区,地质构造复杂、岩浆作用强烈,矿产资源丰富,历来为国内外地质工作者所注视。在前人工作的基础上,笔者再次对该区进行了野外考察。本文着重讨论北部德钦—维西—剑川一带和南部云县—景洪一带的(二叠—三叠纪)火山岩系的岩石化学特征和自然组合,结合它们的时空分布规律及其它地质特征,进而分析火山岩的成因。该区火山岩的岩石学和微量元素地球化学另行讨论。因时间和笔者水平有限,我们的工作还是初步的,收集的资料也不够全面,这里提出的粗浅看法,容有不当之处,望批评指正。

## 一、火山岩的分布

北段火山岩北起德钦,向南经维西到剑川以南(图1A)。该套火山岩与时代大致相当的花岗岩密切伴生。南段云县—景洪一带的火山岩北起云县东北部,沿澜沧江向南到景洪大勐龙地区,均分布在临沧花岗岩岩基东侧(图1B)。

大勐龙地区出露前寒武纪、泥盆纪、二叠纪和三叠纪火山岩(据云南区测队彭兴阶同志介绍)。前寒武纪和泥盆纪的火山岩均已变质,本文不予讨论。这里只涉及已有岩石化学数据的二叠纪较新鲜的岩石,包括玄武岩、安山岩和流纹岩。

除在与剑川相邻的丽江县九河附近,于下三叠统底部砂砾岩夹层中见有数米厚的层状安山质英安斑岩外,在该带内其它地区未见出露。中三叠统忙怀组酸性火山岩呈带状分布,除石钟山地区以熔岩为主外,其它地区主要为凝灰岩和火山碎屑岩,熔岩包括流纹斑岩、石英斑岩和流纹岩。在云县地区,火山活动的时代和地层顺序是有争论的<sup>(1)</sup>,我们采用区测报告的划分(1:200000)。上三叠统小定西组火山岩以玄武岩为主,安山岩次之,包括玄武岩、粗面橄榄玄武岩(橄榄石可达5%)、粗面玄武岩、杏仁状玄武岩、玄武安山岩、安山岩和粗面安山岩,夹有相应的凝灰岩、碎屑岩和碳质凝灰岩。与二叠—三叠纪火山岩成夹层产出的沉积岩有石英砂岩、长石石英砂岩、页岩和少量灰岩透镜体,说明火山岩是在浅海环境形成的。该火山岩系不同程度地受后期构造作用发生片理化和破碎。

## 二、岩石化学

至今,已有不少文章论述该带火山岩的性质<sup>(2)①</sup>。但以前的研究工作多集中于矿区周围,因此采集的岩石化学分析样品在空间上分布明显不均匀。笔者对某些地区重新采样做了

① 徐德才, 1974, 1975; 王凯元, 1973; 李兴林和王义召, 1977; 云南富铁矿科学考察队, 1979; 刘智星, 1980; 赵大贤, 1980; 吴培菊, 1982; 成都地质学院岩石教研室和西南冶金地质研究所, 1982, 等

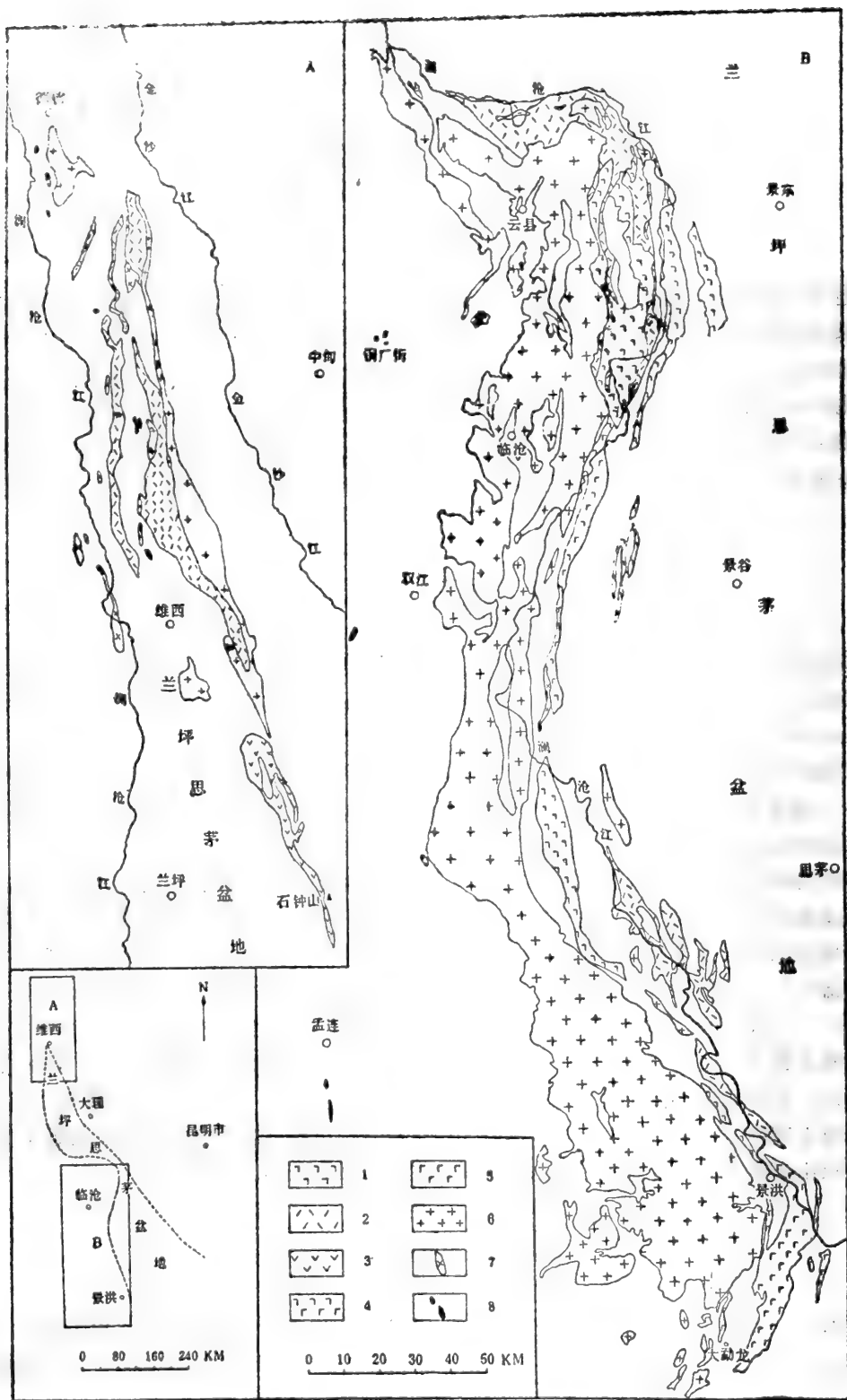


图1 火山岩的分布

A. 德钦-维西-剑川一带, B. 云县-景洪一带。1. 以熔岩为主的中-基性火山岩( $T_3$ ), 2. 以凝灰岩和碎屑岩为主的酸性火山岩( $T_2$ ), 3. 以熔岩为主的酸性火山岩( $T_2$ ), 4. 基性到酸性火山岩( $T_{2-3}$ ), 5. 基性到酸性火山岩(P), 6. 花岗岩, 7. 辉长辉绿岩, 8. 超基性岩

岩石化学分析, 已与前人结果作对比。在选用岩石化学分析结果时, 我们将以下数据弃之: ①非熔岩数据, ②总量误差达 2 % 以上者, 以及挥发份和水含量总和超过 5 % 者, ③蚀变岩石的分析数据和④产地不明者。因此我们只选用其中 85 个, 另加作者的 20 个岩石化学分析结果。

将筛选出来的可利用数据均计算成 CIPW 标准矿物, 然后根据原始数据和 CIPW 标准矿物成分换算成各种参数, 标绘在不同岩石化学图解上, 区分出各种不同的岩石类型。

在 OL'-Ne'-Q' 图解中 (图 2), 除部分点位于碱性区外, 绝大多数点均位于亚碱性区。即使位于碱性区的少数点, 也均分布在分界线附近。在  $\text{SiO}_2-(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  图解中 (图 3), 也显示类似的趋势, 在该图中, 较基性岩石位于碱性区和亚碱性区分界线两侧; 位于碱性区的样品均在弱碱性范围内, 没有超过过碱性分界线。从图 2 和图 3 可以看出, 它们反映相似的岩石化学性质。这种特性将在下面详细论述。在 AFM 图解中 (图 4), 除少数点位于拉斑

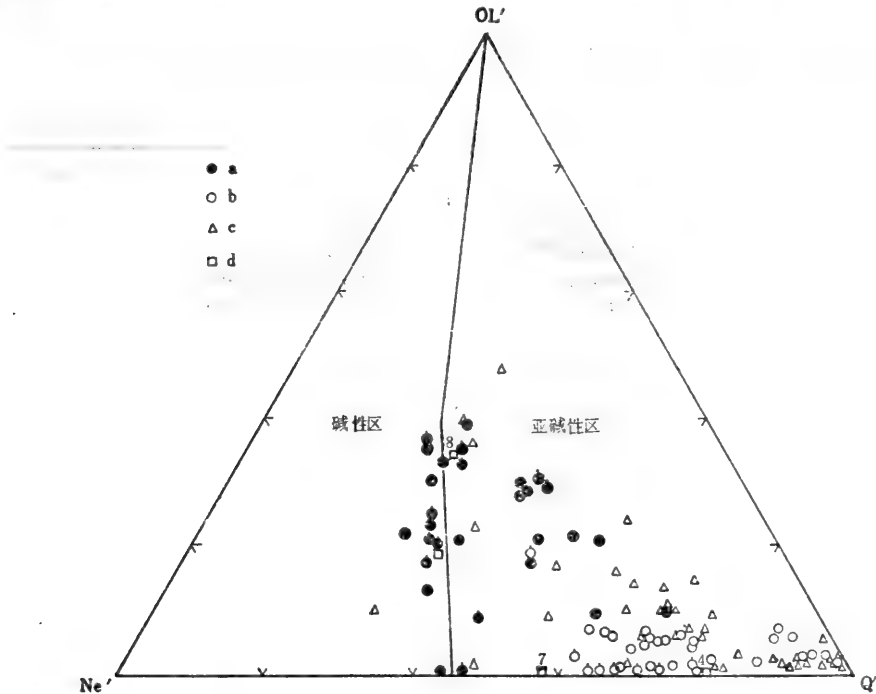


图 2 火山岩标准矿物在 OL'-Ne'-Q' 图解中的分布<sup>(3)</sup>

a. 云县小定西组, b. 云县忙怀组, c. 德钦-维西-剑川一带, d. 大勐龙。资料来源: 云县—景东幅地质图 (1:20 万, 1977)。大勐龙—云南省地质局 805 队 (1980), 图中数字代表样品数; 赵大贤 (1980)。德钦-维西-剑川—兰坪幅地质图 (1:20 万, 1974), 李兴林和王义召 (1977), 云南富铁矿科学考察队 (1979), 卫管一和冯国荣<sup>(2)</sup>。(带短竖线符号者为笔者的数据)

玄武区外, 整个看来, 他们显示钙碱性演化趋势。图 4 显示, 随着岩浆作用的演化, 岩石的碱含量逐渐增加, 而总铁和镁的含量趋于降低。

根据以上岩石化学特征, 我们认为该地区火山岩为岛弧或活动大陆边缘的火山岩组合。由于大勐龙火山岩岩石化学分析为数据组的平均值, 无法细分, 所以我们利用  $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  图解 (图 5) 将其它地区的火山岩进一步细分。可以看出, 云县上三叠统小定西组火山岩主要为高钾的和钾玄岩 (Shoshonite) 质火山岩。在德钦-维西-剑川一带, 虽然酸性火山岩显示高钾的岩石化学特征, 但未发现类似于小定西组的中-基性钾玄岩类岩石类型, 故不把这种

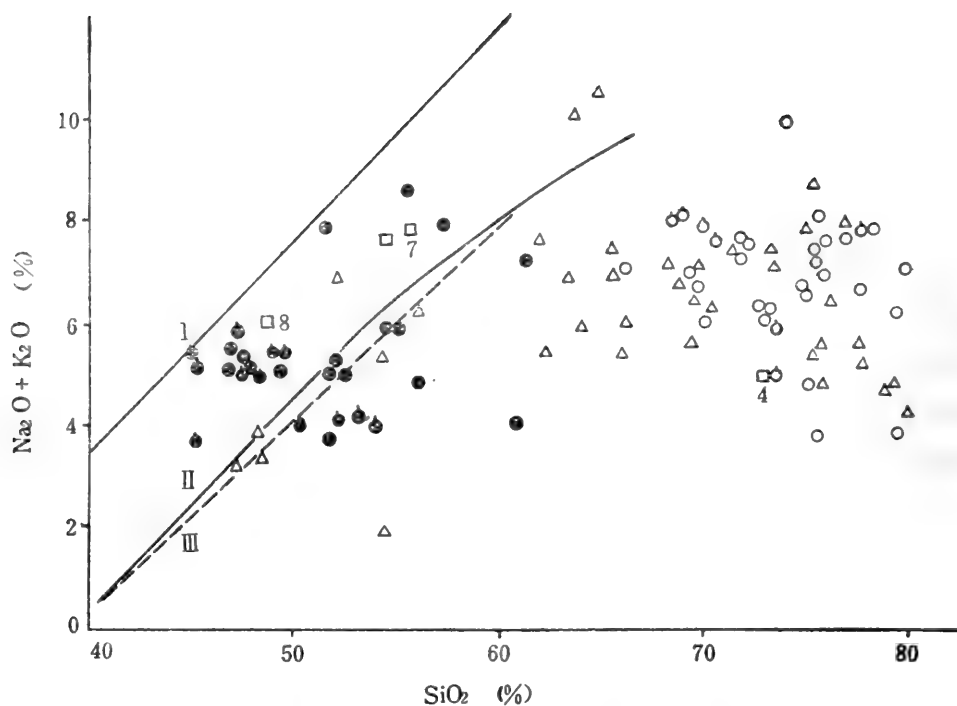


图3 火山岩  $\text{SiO}_2$ — $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$  图解

I 据Saggerson和Williams<sup>(4)</sup>  
 III 据Macdonald<sup>(5)</sup>

II 据Irvine和Baragar<sup>(3)</sup>  
 资料来源和图例同图2

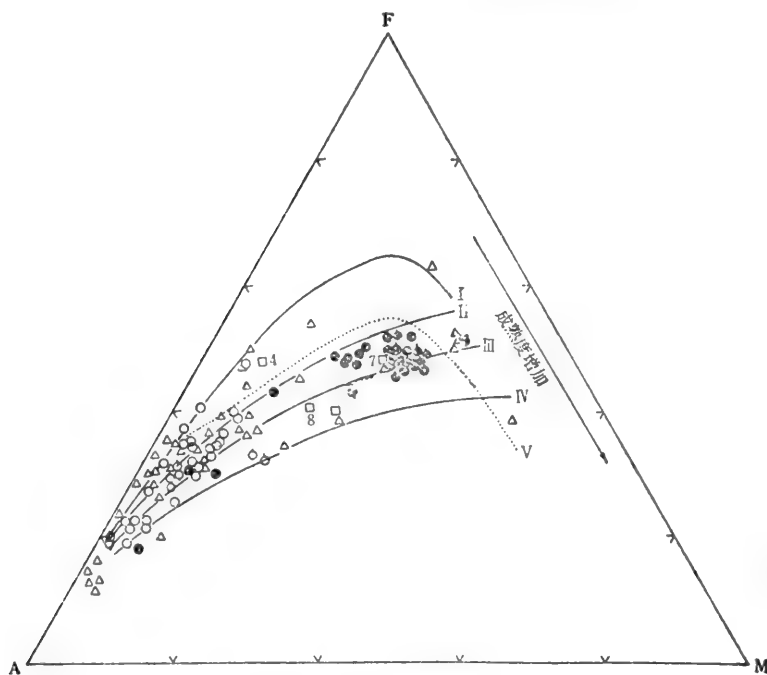


图4 火山岩AFM图解

I—IV据Brown<sup>(6)</sup>；I. 汤加-马里亚纳-南桑德威奇，II. 阿留申-小安的列斯，III. 新西兰-墨西哥-日本，IV. 卡斯卡德-北智利-新几内亚；V. 据Irvine和Baragar<sup>(3)</sup>，上部为拉斑系列，下部为钙碱系列。资料来源和图例同图2

酸性火山岩作为钾玄岩组合的成员考虑。从图 5 还可看出, 随 $\text{SiO}_2$ 含量增加, 小定西组富钾火山岩的 $\text{K}_2\text{O}$ 含量没有随之增加, 而似乎有降低的趋势, 这种特性在世界其它地区也有报导<sup>(8,9,10)</sup>。钾玄岩质火山岩具有与钙碱性岩和碱性岩的某些共同特征, 但也具有把它们区别开来的化学标志。除上述岩石组合特征属造山带火山岩成员这一特征外, 低的  $\text{TiO}_2$  含量与造山带火山岩极其相似, 另外, 不显示富铁的演化趋势, 而分布在钙碱性岩区域之内 (图 4)。高的碱含量, 以至在图 3 中位于碱性区, 又类似于碱性岩。这种火山岩的特征还表现在 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 含量高且不稳定, 小定西组火山岩含量从14%到大于18%。根据世界范围内统计, 钾玄岩的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 含量为14—19%<sup>(11)</sup>。与世界其它地区的钾玄岩一样, 小定西组中-基性火

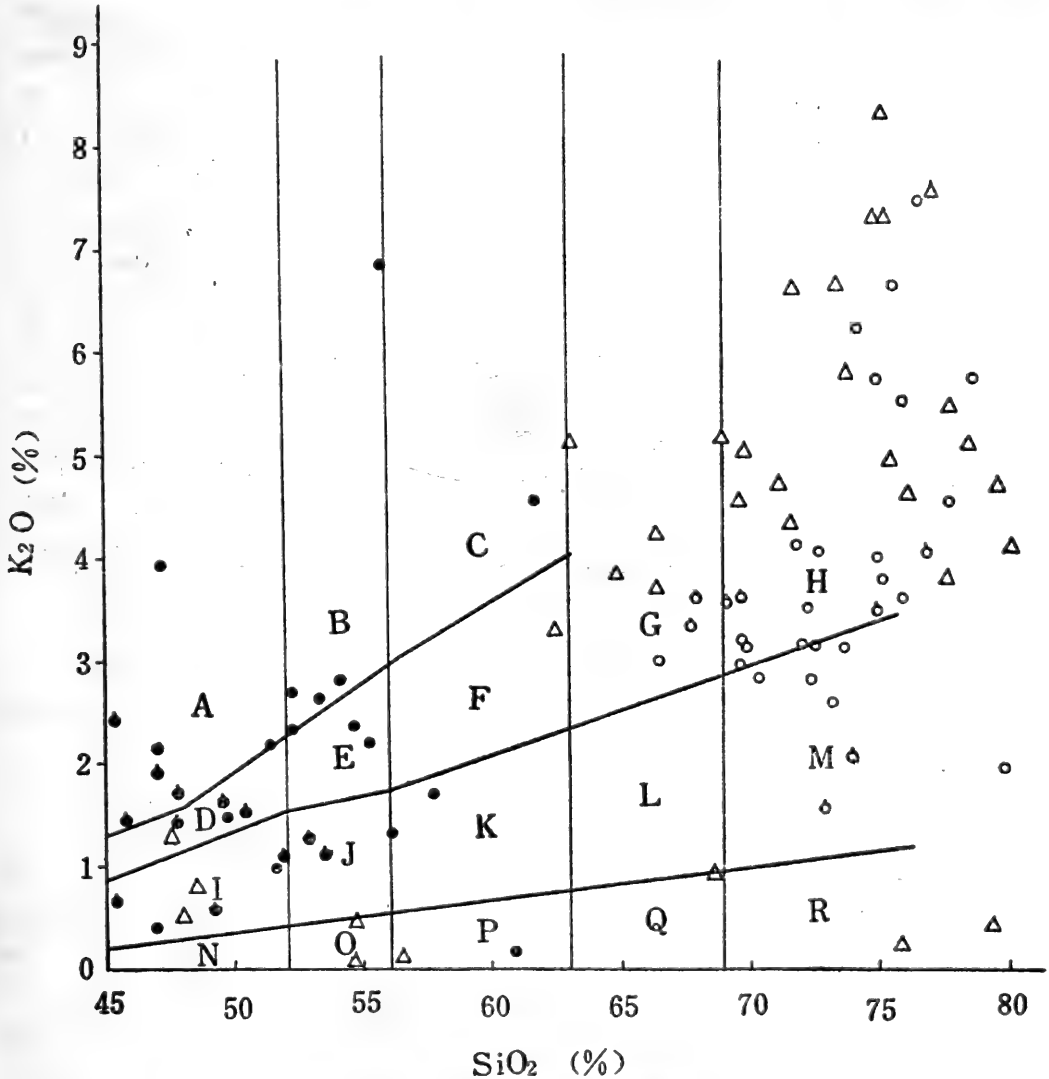


图 5 火山岩 $\text{SiO}_2$ - $\text{K}_2\text{O}$ 图解<sup>(7)</sup>

A 微辉安粗岩, B 钾玄岩, C 微云安粗岩, D 高钾玄武岩, E 高钾玄武安山岩, F 高钾安山岩, G 高钾英安岩, H 高钾流纹岩, I 钙碱性玄武岩, J 钙碱性玄武安山岩, K 钙碱性安山岩, L 钙碱性英安岩, M 钙碱性流纹岩, N 低钾玄武岩, O 低钾玄武安山岩, P 低钾安山岩, Q 低钾英安岩, R 低钾流纹岩。资料来源和图例同图 2

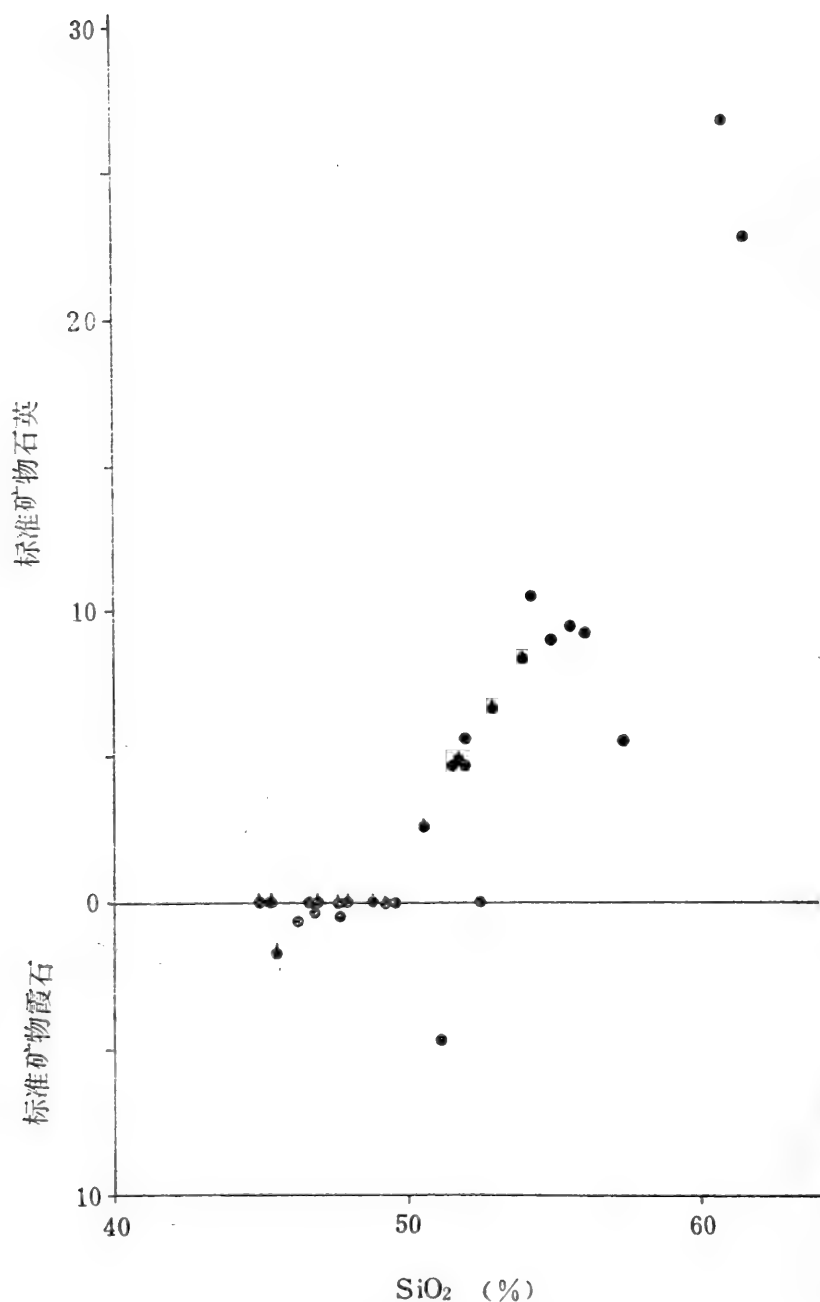


图6 云县小定西组 (T<sub>3</sub>) 火山岩SiO<sub>2</sub>-标准矿物图解<sup>(12)</sup>  
资料来源和图例同图2

山岩硅饱和度低于钙碱性火山岩, 而高于碱性火山岩, 表现为有 (不是必定) 标准矿物 Ne (图6)。根据上述特征, 为了细分, 笔者同意把钾玄岩质岩石作为造山带内三种主要岩石的一个成员 (其它两种为拉斑玄武岩和钙碱性岩石), 虽然这种岩石不是在每个造山带内都有产出, 正象在某些造山带内不出现或很少出现拉斑玄武岩一样<sup>(13)</sup>。



### 三、岩石成因的讨论

在过去的文章中,对云县地区忙怀组酸性火山岩和小定西组中-基性火山岩的相对年龄得出两种完全不同的看法。一种认为岩浆演化序列为流纹岩-安山岩-玄武岩(1:20万地质图),另一种看法,根据其描述的地层关系,暗示着与前种认识相反的演化趋势<sup>(1)</sup>。实际上,在岛弧和活动大陆边缘,钾玄岩晚于酸性火山岩形成不是个别的,尤其成熟度较高的岛弧或活动大陆边缘更是这样<sup>(14)</sup>。例如,意大利伊奥里安岛弧的武尔卡诺和斯德隆博利岛<sup>(15,16)</sup>,土耳其的厄斯帕尔塔、阿菲奥那和博德鲁姆地区<sup>(17)</sup>,印度尼西亚岛弧<sup>(18,20)</sup>,巴布亚新几内亚北部芬斯特雷和阿莱贝尔地区<sup>(21)</sup>,安底斯火山岩带<sup>(22)</sup>和西藏冈底斯-念青唐古拉弧形火山岩带<sup>(23)</sup>都有类似的岩石,而且上述每个地区之间岩石组合也是类似的。对这种岩石成因的解释也有不同,不同学者分别与部分熔融程度<sup>(14)</sup>、岩浆形成时的压力<sup>(24)</sup>、贝尼奥夫带的俯冲速度<sup>(25)</sup>和俯冲角度<sup>(15,26)</sup>联系起来进行讨论。

看来,钾玄岩质岩石的形成可能受多种因素控制,而这些因素都是相互影响的,但这种岩石在造山运动后期形成,而且岩浆源较深的观点已较普遍地被接受了。在造山作用后期,有利于碱金属在岩浆分异过程中集中,于是形成了碱质较高的岩石<sup>(27)</sup>。根据小定西组中基性火山具有钾玄岩组合的岩石化学性质,用玄武岩-安山岩-流纹岩的演化序列是难以解释的。在云县地区,以至本文所研究的整个火山岩带内,均未发现晚于上三叠统的火山岩。因此,我们认为,晚三叠世火山岩是该造山带内较年轻的岩石,这时该弧形构造带已趋稳定,可能发生两板块的碰撞使俯冲带变陡。这时,俯冲带前缘处于较深部位。根据已被广泛接受的造山带岩浆产生的一般模式,在这种深度上,从消减洋壳含水矿物释放出来的水,促使地幔物质部分熔融,进而形成岩浆的水已为数不多。少量的水只能产生低度部分熔融,于是形成具碱性特征的岩浆,这也得到了实验岩石学的证实<sup>(28)</sup>。小定西组中-基性火山岩可能就是在这种环境下形成的。认为高钾的和钾玄岩质岩石是高角度俯冲作用所造成的理论,难于解释南北美洲靠太平洋一侧大量钾玄岩的出现,在那里,俯冲角度是很低的<sup>(29)</sup>。

从图3和图5可以看出, $\text{SiO}_2$ 含量在60%左右的岩石与较基性和较酸性的岩石相比,数量要小些。据野外观察,酸性火山岩( $\text{T}_2$ )有大面积出露(见图1)。从岩石化学来看, $\text{SiO}_2$ 大于63%的样品至少占半数以上,火山岩的 $\text{FeO}/\text{MgO}$ 比值一般大于2,不少达3—4,甚至更高; $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值范围较大,多数大于0.8(图7)。这些特征类似于美洲西海岸火山岩带<sup>(13,30)</sup>,与Jakes和White<sup>(14)</sup>根据主要元素确定的活动大陆边缘的火山岩系也是一样的,而不同于岛弧系。在岛弧环境,酸性火山岩较少, $\text{SiO}_2$ 大于63%的岩石少于10%<sup>(14)</sup>,钙碱系列的火山岩比例较低,一般不超过50%<sup>(21)</sup>,火山岩的 $\text{FeO}/\text{MgO}$ 比值一般小于2, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值小于0.8<sup>(14)</sup>。一般认为,岛弧和活动大陆边缘酸性火成岩的大量存在,是其成熟度较高的标志。德钦-维西-云县-景洪地区具有这种特性。这在岩石化学图解中也有显示。从图4中可以看出,云县地区和德钦-维西-剑川一带的成熟度相似,都位于中等偏高的位置。钾玄岩质岩石的产出本身就是成熟度较高的重要标志<sup>(31)</sup>。因此我们认为,该造山带内火山喷发时,地壳具有典型陆壳特征,可能属于成熟度较高的活动大陆边缘。

火山岩带南段西侧,为临沧花岗岩岩基,是多期多阶段长期岩浆作用而产生的一个杂岩体,同位素年龄为244—185百万年,视为与火山岩同一造山带的产物。与该岩基在空间上密切伴生的变质岩系中,广泛发育有矽线石黑云母片岩、矽线石石英片岩和堇青石片岩,构成

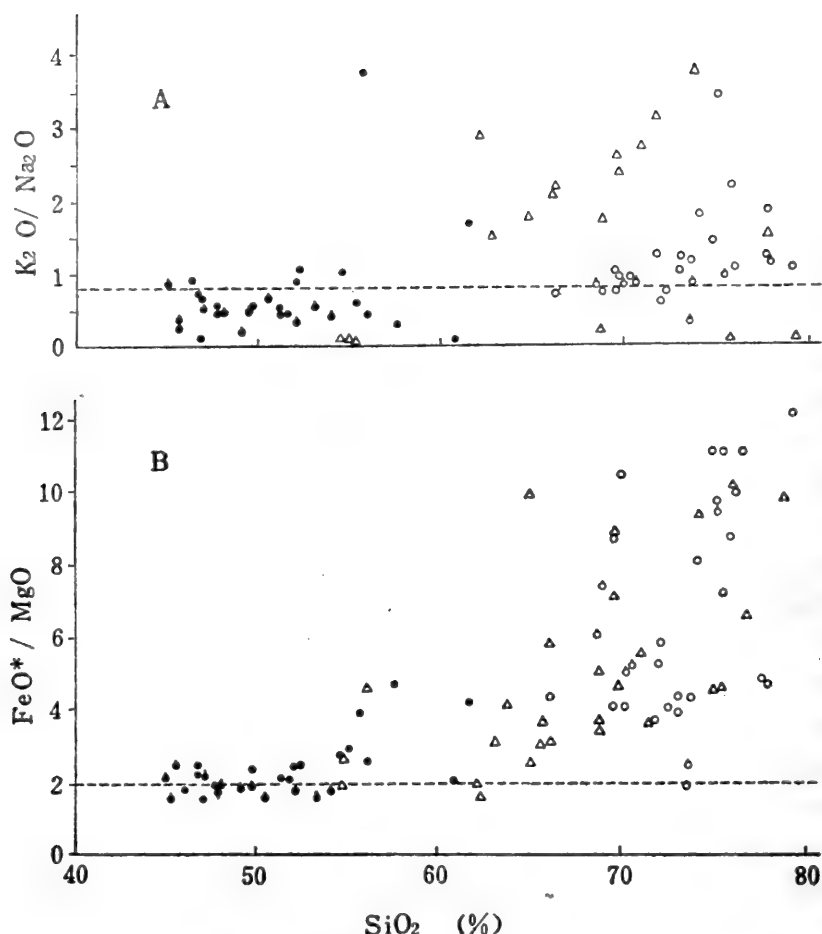


图7 火山岩的 $\text{SiO}_2$ - $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  (A) 和  
 $\text{SiO}_2$ - $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  (B) 图解

$\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  比值大于 4 者已从图中略去

资料来源和图例同图 2

南北向的高温低压变质带。

花岗岩基西侧，有一条南北向断续分布的基性-超基性岩带。研究表明，它为蛇绿岩<sup>(2)①</sup>和大洋板内火成岩<sup>(32)</sup>，与其伴生的含放射虫硅质岩为二叠纪沉积<sup>(33)</sup>。该带内，变质火山岩内多处发现有蓝闪片岩、黑硬绿泥石更为普遍<sup>(2)</sup>。变质带内 3T 型多硅白云母的变质年龄为 280—210 百万年<sup>(2)</sup>，比花岗岩的成岩年龄略早或接近。

上述事实说明，在古生代，西部洋壳已开始向东俯冲，形成弧形分布的火成岩带。

研究表明<sup>①</sup>，与上述火山岩带平行分布的兰坪-思茅盆地(图 1)形成于印支早期造山运动之后。盆地内沉积有侏罗-白垩纪以至更新的以陆相为主的海陆交互相岩系，同时发育有与盆地长轴方向平行的一系列张性断裂，从盆地边缘向内部断裂形成时代渐新。重力、磁力和地震活动性都证明该盆地具有裂谷性质。可能就是这种原因，把火山弧分开(见图 1)。

① 范承钧和康玉廷，1981

## 四、小 结

根据以上分析和讨论,我们对德钦—维西—剑川和云县—景洪火山岩带提出以下几点认识:

1. 整个看来,带状分布的弧形火山岩岩石化学有宽的变化范围,为玄武岩、安山岩和流纹岩岩石组合,以酸性岩为主,它们有较高的 $K_2O$ 含量、 $FeO^*/MgO$ 和 $K_2O/Na_2O$ 比值,较低的 $TiO_2$ 含量。

2. 云县小定西组中-基性火山岩(钾玄岩组合)形成于造山运动的后期,构造活动已趋于稳定,这时两板块可能发生碰撞,俯冲带较陡,在较深部位发生低度部分熔融而产生。

3. 南北两段火山岩存在一定的差异,北段德钦—维西—剑川一带以中三叠统酸性凝灰岩和碎屑岩为主,南段云县—景洪地区不仅有类似于北段的中三叠统岩石组合,而且还发育有上三叠统以熔岩为主的中-基性钾玄岩质岩石。

4. 该套火山岩是在具陆壳特征的造山带内形成的,可能为活动大陆边缘。

5. 南北两段火山岩原为同一造山带,它们被造山运动之后的构造活动所分开。

## 参 考 文 献

- (1) 林敏基, (1983) 青藏高原地质文集(13), 地质出版社, 151—158.
- (2) 卫管一和冯国荣, (1982), 成都地质学院学报, 3, 41—46.
- (3) Irvine I. N. and Baragar W. R., (1971) *Can. J. Earth Sci.*, 8, 523—548.
- (4) Saggerson E. P. and Williams L. A. J., (1964) *J. Petrol.*, 5, 40—81.
- (5) Macdonald G. A., (1968) *Geol. Soc. Am. Mem.*, 116, 477—522.
- (6) Brown G. C., Andesites, Thorpe R. S. ed., (1982) John Wiley and Sons, 437—461.
- (7) Ewart A., Andesites, Thorpe R. S. ed., (1982) John Wiley and Sons, 25—95.
- (8) Ruxton B. P., (1966) *Bull. Volcanol.*, 29, 347—369.
- (9) Joplin G. A., (1968) *Jour. Geol. Soc. Australia*, 15, 275—294.
- (10) Jakes P. and Smith I. E., (1970) *Contrib. Mineral. Petrol.*, 28, 259—271.
- (11) Morrison G. W., (1980) *Lithos*, 13, 97—108.
- (12) Miyashiro A., (1978) *Contrib. Mineral. Petrol.*, 66, 91—104.
- (13) Miyashiro A., (1974) *Am. J. Sci.*, 274, 321—355.
- (14) Jakes P. and White A. J. R., (1972) *Bull. Geol. Soc. Am.*, 83, 29—40.
- (15) Barberi F. et al., (1974) *Earth Planet. Sci. Lett.*, 21, 269—309.
- (16) Keller J., Andesites, Thorpe R. S. ed., (1982) John Wiley and Sons, 307—325.
- (17) Innocenti F. et al., Andesites, Thorpe R. S. ed., (1982) John Wiley and Sons, 327—349.
- (18) Katili J. A., (1975) *Tectonophysis*, 26, 165—188.
- (19) Whitford D. T. and Nicholls I. A., *Volcanism in Australasia*, Johnson R. W. ed., (1976) Elsevier Scientific Publishing Company, 63—75.
- (20) Hutchison C. S., Andesites, Thorpe R. S. ed., (1982) John Wiley and Sons, 207—224.
- (21) Jaques A. L., (1976) *Bull. Geol. Soc. Am.*, 87, 861—867.
- (22) Dostal J. et al., (1977) *Contrib. Mineral. Petrol.*, 63, 113—128.
- (23) 金成伟, 西藏岩浆活动和变质作用, (1981) 科学出版社, 226—242.
- (24) Jakes P. and White A. J. R., (1970) *Geochim. Cosmochim. Acta*, 34, 849—856.

- (25) Toksöz M. N. et al. (1971) *J. Geophys. Res.*, 76, 1113—1138.
- (26) Luyendyk B. P., (1970) *Bull. Geol. Soc. Am.*, 81, 3411—3416.
- (27) 王德滋和周新民, (1982) 火山岩岩石学, 科学出版社
- (28) Green D. H., (1970) *Phys. Earth Planet. Inter.*, 3, 221—235.
- (29) Oliver J. et al., (1973) *Tectonophysics*, 19, 133—147.
- (30) Baker P. E., *Andesites*, Thorpe R. S. ed., (1982) John Wiley and Sons, 12—23.
- (31) Beckinsale R. D. et al., (1979) *J. Geol. Soc. Sept.*, 136, 529—537.
- (32) 李达周等, (1986) 青藏高原研究, 横断山考察专集 (二), 北京科学技术出版社
- (33) 李红生, (1986) 青藏高原研究, 横断山考察专集 (二), 北京科学技术出版社

## PETROCHEMISTRY OF VOLCANIC ROCKS IN DEQIN-WEIXI-YUNXIAN-JINGHONG ZONE, WESTERN YUNNA AND DISCUSSIONS ON THEIR GENESIS

Zhang Kui-wu    Zhang Qi    Li Dazhou  
Institute of Geology, Academia Sinica

### Abstract

In our studying occurred the volcanic rocks of Permian-Triassic periods, among which the aciditic extrusives are the predominant then the intermediate-basic rocks. The volcanic rocks consist mainly of rhyolites, dacites, andesites, basalts, and such relatives as tuffaceous and clastic ones. Petrochemical studies show that they belong to calc-alkali series with a wide range of petrochemical compositions. They are also characterised by high  $K_2O$  contents and high  $FeO^*/MgO$  and  $K_2O/Na_2O$  ratios. With evolution of magmatism their alkalinity increased and the contents of iron and magnesium decreased. The intermediate-basic volcanic rocks of Xiaodingxi formation from Yunxian county belong to shoshonitic associations, it seems that the  $K_2O$  contents in rocks decrease as  $SiO_2$  contents increase, their total alkline content are high and there are (not necessarily) normative nephelites, which may indicate the occurrence of alkaline rocks. However, they are also quite different from alkaline rocks by their low  $TiO_2$  and high  $Al_2O_3$  contents, moreover the rock associations in this volcanic belt, which belongs to that of orogenic zone, are of calc-alkaline rock too. The results from field observations show that the intermediate-basic volcanic rocks in xiaodingxi of Yunxian county formed in the later orogenic movements. The tectonic movements had have a tend to stabilize at that time. Some granites corresponding to the periods of these volcanic rocks in orogenic belt, occurred in that regions too. High temperature metamorphic belt is associated closely with granites. It is known that the ophiolites, deep oceanic sedimentary rocks and high pressure metamorphic belt are located in the west of granite batholith, the metamorphism age is nearly the same or slight prior to the periods of the calc-alkali rocks,

which implied the presence of oceanic crust. A pair of metamorphic belts implies that the western oceanic crust had subducted to the east in the last stage of Palaeozoic, during which the volcanic belt formed. Lanping-Simao basin with natures of graben paralleling to the volcanic belt, might be formed after this orogeny. This was the reasonable mechanism of the separating the volcanic belt by it.

1. *Chlorophyll a* (Chl *a*)  
 2. *Chlorophyll b* (Chl *b*)  
 3. *Chlorophyll c* (Chl *c*)  
 4. *Chlorophyll d* (Chl *d*)  
 5. *Chlorophyll e* (Chl *e*)  
 6. *Chlorophyll f* (Chl *f*)  
 7. *Chlorophyll g* (Chl *g*)  
 8. *Chlorophyll h* (Chl *h*)  
 9. *Chlorophyll i* (Chl *i*)  
 10. *Chlorophyll j* (Chl *j*)  
 11. *Chlorophyll k* (Chl *k*)  
 12. *Chlorophyll l* (Chl *l*)  
 13. *Chlorophyll m* (Chl *m*)  
 14. *Chlorophyll n* (Chl *n*)  
 15. *Chlorophyll o* (Chl *o*)  
 16. *Chlorophyll p* (Chl *p*)  
 17. *Chlorophyll q* (Chl *q*)  
 18. *Chlorophyll r* (Chl *r*)  
 19. *Chlorophyll s* (Chl *s*)  
 20. *Chlorophyll t* (Chl *t*)  
 21. *Chlorophyll u* (Chl *u*)  
 22. *Chlorophyll v* (Chl *v*)  
 23. *Chlorophyll w* (Chl *w*)  
 24. *Chlorophyll x* (Chl *x*)  
 25. *Chlorophyll y* (Chl *y*)  
 26. *Chlorophyll z* (Chl *z*)  
 27. *Chlorophyll aa* (Chl *aa*)  
 28. *Chlorophyll ab* (Chl *ab*)  
 29. *Chlorophyll ac* (Chl *ac*)  
 30. *Chlorophyll ad* (Chl *ad*)  
 31. *Chlorophyll ae* (Chl *ae*)  
 32. *Chlorophyll af* (Chl *af*)  
 33. *Chlorophyll ag* (Chl *ag*)  
 34. *Chlorophyll ah* (Chl *ah*)  
 35. *Chlorophyll ai* (Chl *ai*)  
 36. *Chlorophyll aj* (Chl *aj*)  
 37. *Chlorophyll ak* (Chl *ak*)  
 38. *Chlorophyll al* (Chl *al*)  
 39. *Chlorophyll am* (Chl *am*)  
 40. *Chlorophyll an* (Chl *an*)  
 41. *Chlorophyll ao* (Chl *ao*)  
 42. *Chlorophyll ap* (Chl *ap*)  
 43. *Chlorophyll aq* (Chl *aq*)  
 44. *Chlorophyll ar* (Chl *ar*)  
 45. *Chlorophyll as* (Chl *as*)  
 46. *Chlorophyll at* (Chl *at*)  
 47. *Chlorophyll au* (Chl *au*)  
 48. *Chlorophyll av* (Chl *av*)  
 49. *Chlorophyll aw* (Chl *aw*)  
 50. *Chlorophyll ax* (Chl *ax*)  
 51. *Chlorophyll ay* (Chl *ay*)  
 52. *Chlorophyll az* (Chl *az*)  
 53. *Chlorophyll aza* (Chl *aza*)  
 54. *Chlorophyll abz* (Chl *abz*)  
 55. *Chlorophyll acz* (Chl *acz*)  
 56. *Chlorophyll adz* (Chl *adz*)  
 57. *Chlorophyll aez* (Chl *aez*)  
 58. *Chlorophyll afz* (Chl *afz*)  
 59. *Chlorophyll agz* (Chl *agz*)  
 60. *Chlorophyll ahz* (Chl *ahz*)  
 61. *Chlorophyll aiz* (Chl *aiz*)  
 62. *Chlorophyll ajz* (Chl *ajz*)  
 63. *Chlorophyll akz* (Chl *akz*)  
 64. *Chlorophyll alz* (Chl *alz*)  
 65. *Chlorophyll amz* (Chl *amz*)  
 66. *Chlorophyll anz* (Chl *anz*)  
 67. *Chlorophyll aoz* (Chl *aoz*)  
 68. *Chlorophyll apz* (Chl *apz*)  
 69. *Chlorophyll aqz* (Chl *aqz*)  
 70. *Chlorophyll arz* (Chl *arz*)  
 71. *Chlorophyll asz* (Chl *asz*)  
 72. *Chlorophyll atz* (Chl *atz*)  
 73. *Chlorophyll auz* (Chl *auz*)  
 74. *Chlorophyll avz* (Chl *avz*)  
 75. *Chlorophyll awz* (Chl *awz*)  
 76. *Chlorophyll axz* (Chl *axz*)  
 77. *Chlorophyll ayz* (Chl *ayz*)  
 78. *Chlorophyll ayz* (Chl *ayz*)  
 79. *Chlorophyll azz* (Chl *azz*)  
 80. *Chlorophyll azaa* (Chl *aza*)  
 81. *Chlorophyll abz* (Chl *abz*)  
 82. *Chlorophyll acz* (Chl *acz*)  
 83. *Chlorophyll adz* (Chl *adz*)  
 84. *Chlorophyll aez* (Chl *aez*)  
 85. *Chlorophyll afz* (Chl *afz*)  
 86. *Chlorophyll agz* (Chl *agz*)  
 87. *Chlorophyll ahz* (Chl *ahz*)  
 88. *Chlorophyll aiz* (Chl *aiz*)  
 89. *Chlorophyll ajz* (Chl *ajz*)  
 90. *Chlorophyll akz* (Chl *akz*)  
 91. *Chlorophyll alz* (Chl *alz*)  
 92. *Chlorophyll amz* (Chl *amz*)  
 93. *Chlorophyll anz* (Chl *anz*)  
 94. *Chlorophyll aoz* (Chl *aoz*)  
 95. *Chlorophyll apz* (Chl *apz*)  
 96. *Chlorophyll aqz* (Chl *aqz*)  
 97. *Chlorophyll arz* (Chl *arz*)  
 98. *Chlorophyll asz* (Chl *asz*)  
 99. *Chlorophyll atz* (Chl *atz*)  
 100. *Chlorophyll auz* (Chl *auz*)  
 101. *Chlorophyll avz* (Chl *avz*)  
 102. *Chlorophyll awz* (Chl *awz*)  
 103. *Chlorophyll axz* (Chl *axz*)  
 104. *Chlorophyll ayz* (Chl *ayz*)  
 105. *Chlorophyll ayz* (Chl *ayz*)  
 106. *Chlorophyll azz* (Chl *azz*)  
 107. *Chlorophyll azaa* (Chl *aza*)  
 108. *Chlorophyll abz* (Chl *abz*)  
 109. *Chlorophyll acz* (Chl *acz*)  
 110. *Chlorophyll adz* (Chl *adz*)  
 111. *Chlorophyll aez* (Chl *aez*)  
 112. *Chlorophyll afz* (Chl *afz*)  
 113. *Chlorophyll agz* (Chl *agz*)  
 114. *Chlorophyll ahz* (Chl *ahz*)  
 115. *Chlorophyll aiz* (Chl *aiz*)  
 116. *Chlorophyll ajz* (Chl *ajz*)  
 117. *Chlorophyll akz* (Chl *akz*)  
 118. *Chlorophyll alz* (Chl *alz*)  
 119. *Chlorophyll amz* (Chl *amz*)  
 120. *Chlorophyll anz* (Chl *anz*)  
 121. *Chlorophyll aoz* (Chl *aoz*)  
 122. *Chlorophyll apz* (Chl *apz*)  
 123. *Chlorophyll aqz* (Chl *aqz*)  
 124. *Chlorophyll arz* (Chl *arz*)  
 125. *Chlorophyll asz* (Chl *asz*)  
 126. *Chlorophyll atz* (Chl *atz*)  
 127. *Chlorophyll auz* (Chl *auz*)  
 128. *Chlorophyll avz* (Chl *avz*)  
 129. *Chlorophyll awz* (Chl *awz*)  
 130. *Chlorophyll axz* (Chl *axz*)  
 131. *Chlorophyll ayz* (Chl *ayz*)  
 132. *Chlorophyll ayz* (Chl *ayz*)  
 133.

# 横断山自然地理特征

## 20. 横断山北段地区的自然垂直带<sup>①</sup>

高生淮 郑远昌

(中国科学院成都地理研究所)

本文涉及的范围, 介于北纬  $29^{\circ}30'$ — $33^{\circ}00'$  之间, 东经  $98^{\circ}30'$ — $103^{\circ}30'$  之间, 即是四川省阿坝藏族自治州南部和甘孜藏族自治州北部地区。由于本区东起岷江, 西至金沙江, 东、西之间经距达 5 个经度, 并且, 东、西两部分地区的地貌条件和气候条件差异很大, 导致了山地自然垂直带结构特征的区域差异。

### 一、自然垂直带形成条件概述

山地自然垂直带结构特征, 不仅取决于该山体所处的地理位置, 而且还取决于山体的大小 (包括绝对高度和相对高度) 和地表形态。

在大地构造上, 本区虽属松潘甘孜褶皱系, 但是, 在地表形态特征上, 东、西两部分地区绝然不同。在东经  $101^{\circ}$  以东的地区, 为大渡河上游流域和岷江上游流域, 山岭迭嶂, 河谷深邃。区内的四姑娘山、鹧鸪山、梦笔山、红桥山、牧马山、白鹤山、磨子山和喇嘛山等山岭的高度在海拔 5000 米以上 (个别山岭如四姑娘山主峰高达海拔 6250 米), 而河谷海拔一般在 1000—2000 米, 从河谷到山岭顶部, 相对高差达 4000—5000 米, 形成高差悬殊的高山峡谷区。随海拔的增加, 地表形态发生变化: 海拔 4000 米以下为流水地貌, 坡陡谷窄; 海拔 4000—4500 米为第四纪冰川作用, 而后经流水改造的宽谷缓坡地貌; 海拔 4500—5200 米为冰缘地貌; 海拔 5200 米以上的山岭发育着现代山岳冰川。四姑娘山的现代冰川的冰舌达 4700 米, 雪线高度在海拔 5200 米。

在东经  $101^{\circ}$  以西地区, 是雅砻江上游及支流鲜水河流域, 为波状起伏的丘状高原。高原面海拔 4500—4700 米, 丘岭浑圆, 谷地开阔, 河谷海拔 3200—3700 米。在广袤的高原面上, 有几条西北—东南走向的山脉, 如罗科马山、牟尼茫起山、贡卡拉山、素龙山和雀儿山等。这些山脉山岭的高度在海拔 5000 米左右, 雀儿山的主峰达海拔 6168 米。从宽阔的河谷下部到山顶, 相对高差达 2000—4000 米。同样, 随地势的升高, 地表形态特征也有较明显的分带现象。海拔 4000 米以下为宽谷缓坡地貌; 在海拔 4000—4600 米为缓坡丘岭; 海拔 4600—5200 米为冰缘地貌; 海拔 5200 米以上为冰川地貌。雀儿山的现代冰川前端下达海拔 4500 米, 雪线高度在 5300 米。

东南季风、西南季风和南支西风急流这三支气流影响着本地区的气候。在冬半年 (11 月—4 月), 在南支西风急流的控制下, 天气晴朗, 降水甚少, 为干季。但是, 东部地区, 在冬初春末冷气团的进退过程中, 有小雨和小雪的天气。夏半年 (5—10 月) 在东南季风和西南季风的影响下, 为多云多雨天气, 为雨季。但是, 在重重山岭的阻截下, 东来的水汽 (主

<sup>①</sup> 本文插图由佐晓荣同志清绘

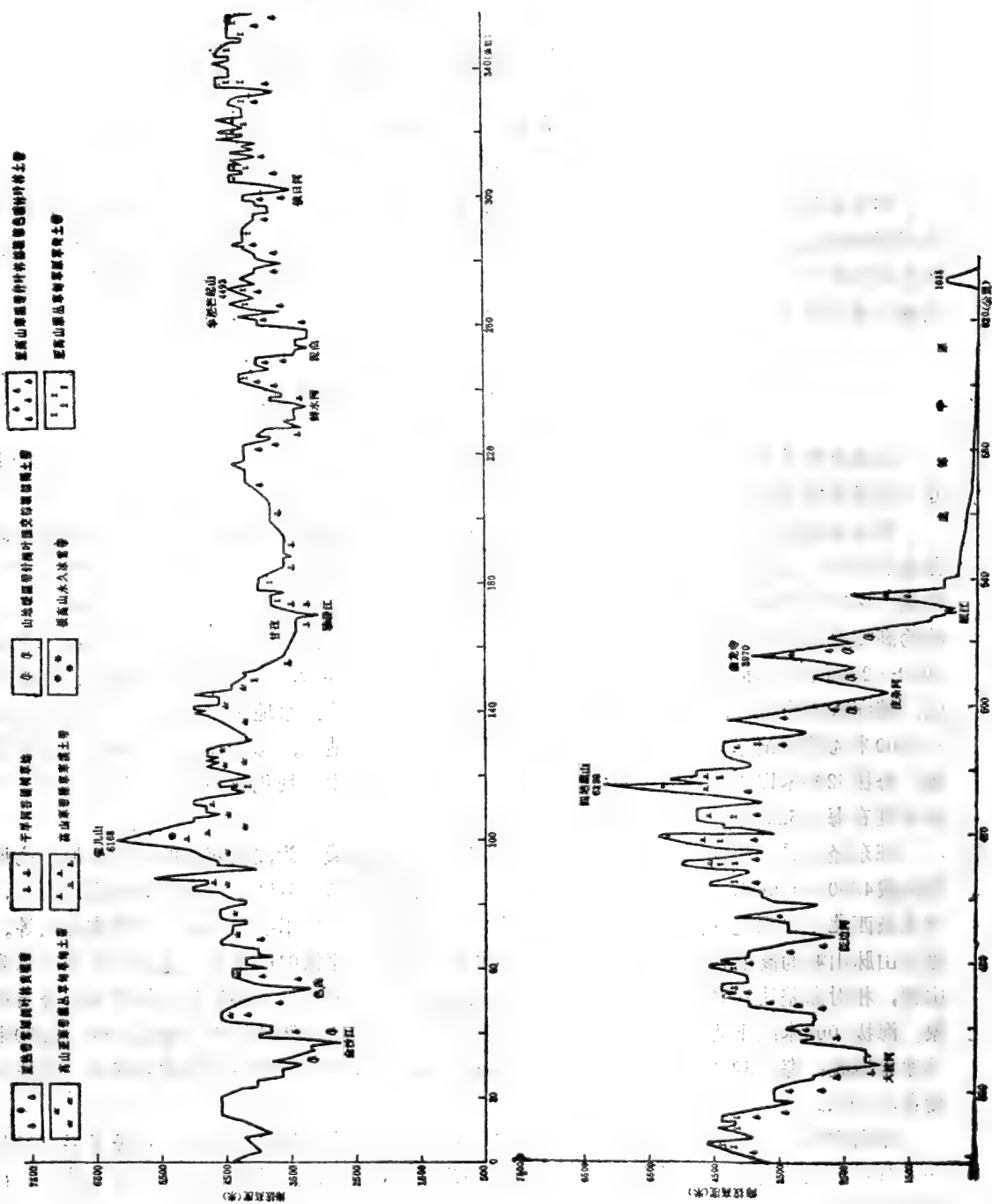


图 1 成都—夹金山自然地理剖面示意图



要的)由东往西而减弱,导致东部地区多雨而湿润,西部地区少雨干旱。

在同地区同一山体,坡向对水热条件的分配影响尤大。如四姑娘山东南坡年降水量多达1100毫米左右,而西南坡的年降水量只有600毫米左右,致使在相同的海拔高度上,东南坡潮湿凉爽,西南坡干燥温暖。

“一山有四季,十里不同天”,气候的垂直变化十分明显,而气候垂直带多样。在101°以东的地区更为突出。气候随海拔高度而变化,这是本区气候的主要特点之一(见表1)。

表1 邛崃山脉东坡气象要素垂直变化

| 站 目<br>(哨) | 海 拔<br>(米) | 气 温 (°C) |       |      | 年降水量<br>(毫米) | 年平均相对<br>湿度 (%) | 资料年代      |
|------------|------------|----------|-------|------|--------------|-----------------|-----------|
|            |            | 年平均      | 1 月   | 7 月  |              |                 |           |
| 汶 川        | 1448       | 12.7     | 2.4   | 21.9 | 516.1        | 69              | 1959—1976 |
| 通 化        | 1805       | 13.7     | 2.2   | 23.5 | 359.6        |                 | 1966—1968 |
| 理 县        | 1887       | 11.4     | 0.6   | 20.8 | 590.6        | 66              | 1966—1980 |
| 米 亚 罗      | 2765.6     | 6.8      | - 3.6 | 16.0 | 798.6        | 71              | 1967—1981 |

二、山地自然垂直带结构特征

高大的山体,岭谷相对高差悬殊,从河谷到山顶,随海拔高度的增加,水热条件发生变化,从而导致生物(主要是植被、也包括动物种群)和土壤的变化。下面将本区东部的四姑娘山、中部的老则山和西部的雀儿山三个比较有代表性的、而且几乎在同纬度上的山体的自然垂直带谱结构特征,分别简述于后。

(一) 四姑娘山自然垂直带

四姑娘山是邛崃山脉的最高山,主峰海拔6250米。山体位置约为北纬30°40′—31°30′,东经102°30′—103°30′,其范围东起岷江河谷,西达小金河谷,北至杂谷脑河谷,南达汶川县南界。在地理位置上,四姑娘山正处在四川盆地向青藏高原过渡的高山峡谷地带。从主峰到东南面的岷江河谷(海拔900米),水平距离约50公里,相对高差达5350米;从主峰到东北面的岷江河谷(汶川县城海拔1448米),相对高差4802米;从主峰到西南边的小金河谷(海拔2100米),相对高差3880米。四姑娘山高大的山体,岭谷高差悬殊,这为自然垂直带结构的复杂性创造了先决条件。从河谷到山顶,包含了亚热带常绿阔叶林带到永久冰雪带。现以东南坡为例,将四姑娘山垂直带谱的结构特征简述于后:

(1) 河谷、低山亚热带常绿阔叶林、常绿阔叶与落叶阔叶林—黄壤、黄棕壤带。

该带在海拔2000米以下。年平均气温在 10—18℃, ≥10℃积温4500℃左右。自然植被为常绿阔叶林和落叶阔叶林。在海拔1700米以下为常绿阔叶林,以山毛榉科的青冈属 (Cy-

*clobalanopsis*)、石栎属 (*Lithocarpus*)、樟科的润楠属 (*Machilus*)、樟属 (*Cinnamomum*)、钓樟属 (*Lindera*)、木姜子属 (*Litsea*) 的植物为主。在海拔1700—2000米常绿成分减少,常绿树种以包石栎 (*Lithocarpus cleistocarpus*) 为主,而落叶阔叶树的成分增加,有连香树 (*Cercidiphyllum japonicum* var. *sinense*)、水青树 (*Tetracentron sinense*)、领春木 (*Euptelea pleiospermum*) 和珙桐 (*Davidia involucrata*) 等。栽培植物有水稻、小麦、玉米、马铃薯等,一年两熟。经济林木有茶、漆、核桃等。在这一带活动的动物主要是大灵猫 (*Neoverra zibetha*)、小灵猫 (*iverricula indica*)、果子狸 (*Paguma larvata*)、黄鼬 (*Mustela sibiria*) 等亚热带种类。在常绿阔叶林下发育黄壤,在常绿阔叶林与落叶阔叶混交林下发育黄棕壤。

## (2) 山地暖温带针阔混交林—棕壤带

该带位于海拔2000—2600米,年平均气温 6—10℃,  $\geq 10^\circ\text{C}$  积温2500℃左右。自然植被为针阔混交林,由铁杉 (*Tsuga chinensis*)、云南铁杉 (*T. dumosa*) 油麦吊杉 (*Picea brachytyla* var. *complanata*)、红桦 (*Betula utilis* var. *sinensis*)、毛叶槭 (*Acer stachyophyllum*)、五尖槭 (*A. maximowiczii*) 等多种槭组成。林下灌木层以大箭竹 (*Sinarundinaria chungii*) 占优势。栽培植物主要是马铃薯、玉米、青稞、小麦等,其分布上限只达海拔2300米。这一带的动物主要有大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*)、金丝猴 (*Rhinopithecus roxllanae*)、小熊猫 (*Ailurus fulgens*)、金猫 (*Felis temminckii*)、林麝 (*Moschus berezovskii*) 以及绿尾虹雉 (*Lophophorus thuysii*)、雨燕 (*Apodidae*) 等多种鸟类。林下发育棕壤,全剖面呈酸性反应,表土有机质含量丰富,达20%左右。

## (3) 山地寒温带针叶林—棕色暗针叶林土带

该带位于海拔2600—3800米。年平均气温 3—6℃,最暖月(7月)平均气温 10—15℃。该带的下限与冬季积雪线的下限相符。自然植被为苔藓冷杉林,由岷江冷杉 (*Abies faxoniana*) 构成纯林。林内混生有少量红桦、糙皮桦 (*Betula utilis*) 和川滇长尾槭 (*Acer caudatum* var. *pratlii*) 等落叶阔叶树种。灌木层以冷箭竹 (*Sinarundinaria Fangiana*) 为主,此外还有大箭竹、陇塞忍冬 (*Lonicera tangutica*)、绒毛杜鹃 (*Rhododendron pachytrichum*) 等。苔藓层厚达10厘米以上,主要是镰刀泥炭藓 (*Sphagnum falcatulum*)、树藓 (*Pleurozopsis ruthenica*) 等。层外植物长松萝 (*Usnea longissima*) 比较发达。在这一带栖息繁衍的动物主要有大熊猫、小熊猫、金丝猴、牛羚 (*Budorcas taxicolor*)、林麝、云豹 (*Neafelis nebulosa*)、黑熊 (*Selenarctos thibetanus*)、猓猓 (*Felis lynx*)、藏马鸡 (*Cossoptilon cossoptilon*)、血雉 (*Ithaginis cruertus*)、白眉朱雀 (*Carpodacus thura*) 等。林下发育棕色暗针叶林土。土层分化明显。土壤表层有机质含量高达20%,全剖面呈酸性反应。

## (4) 亚高山亚寒带灌丛草甸——亚高山草甸土和高山草甸土带

该带位于海拔3800—4500米。年平均气温在 $-2^\circ\text{C}$ — $3^\circ\text{C}$ ,最暖月平均气温  $3-6^\circ\text{C}$ 。在海拔4300米以下,自然植被为高山灌丛草甸,由川滇高山栎 (*Quercus aquifolioides*)、香柏属 (*Sabina*) 及多种杜鹃 (*Rhododendron* spp.)、金露梅 (*Potentilla fruticosa*)、高山绣线菊 (*Spiraea alpina*)、报春 (*Primula*)、早熟禾 (*Poa annua*)、羊茅 (*Festuca virens*) 等组成;在海拔4300—4500米为高山草甸,由矮生嵩草 (*Kobresia humilis*)、独一味 (*LamioPhlomis rotata*)、淡黄香青 (*Anaphalis flavescens*)、红花绿绒蒿 (*Meco-*

*nopsis punicea*) 等组成。该带的动物主要有牛羚、岩羊 (*Pseudois nayaur*)、白臀鹿 (*Cervus macneilli*)、白唇鹿 (*Cervus albirostris*)、藏雪鸡 (*Tetraogallus tibetanus*)、雪鹑 (*Lerwa lerwa*)、绿尾虹雉等。在海拔3800—4300米发育亚高山草甸土, 4300—4500米发育高山草甸土, 土壤剖面都呈酸性反应。并且, 土壤表层(草根盘结层)的有机质含量在15%左右, 草根盘结层以下的有机质迅速减少。

(5) 高山寒带疏草——寒漠土带

该带位于海拔4500—5200米。最暖月平均气温在-3℃以下。自然植被为流石滩植被, 组成的植物种类较少, 常见的有风毛菊属 (*Saussurea*)、虎耳草科的虎耳草属 (*Saxifaga*)、景天科的红景天属 (*Rhodiola*) 以及多刺绿绒蒿 (*Meconopsis horridula*) 等。主要动物有岩羊、白唇鹿、雪豹 (*Panthera uncia*) 和雪鹑、金雕 (*Aquila chrysaetos*)、玉带海雕 (*Haliaeetus leucoryphus*) 等。土壤为高山寒漠土。土层单一而薄, 具粗骨性, 呈中性反应, 有机质在1%以下。

(6) 极高山冰雪带

该带位于四姑娘山的最上部, 在海拔5200米以上, 终年积雪不化, 发育现代冰川, 主要为冰斗冰川和悬冰川。至于四姑娘山各坡向的自然垂直带谱结构特征不再详述, 可见示意图。

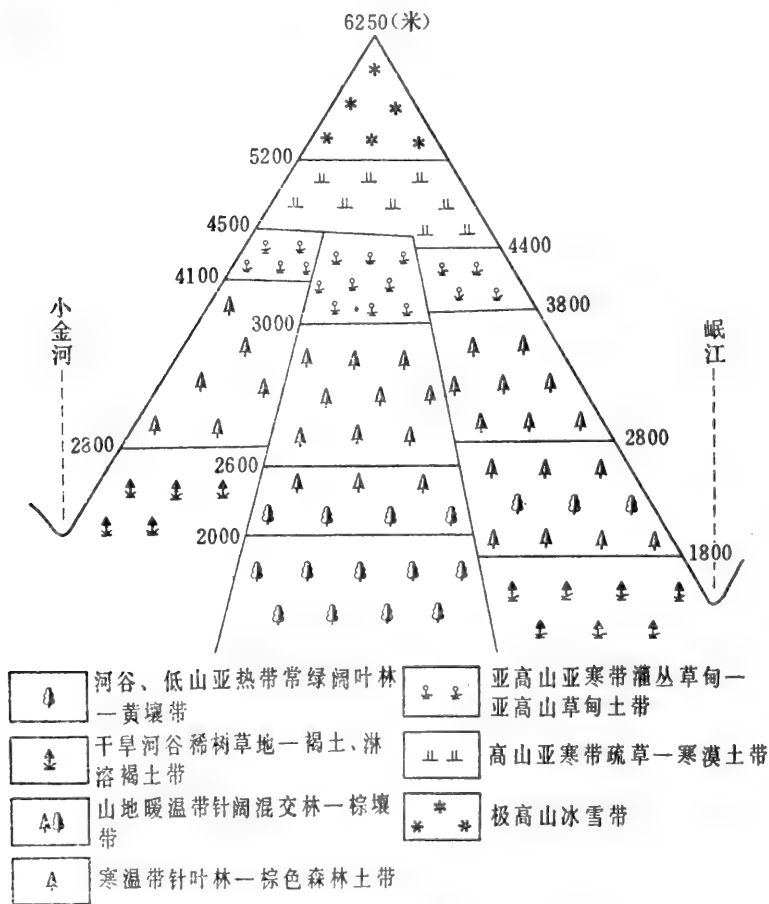


图2 四姑娘山各坡向自然垂直带示意图

## (二) 老则山自然垂直带

老则山是罗科马山脉的主峰。罗科马山脉处在青藏高原东部高山峡谷区与西部丘状高原过渡的地带，山脉西北—东南走向，山岭高度一般在海拔4200—4500米。从山顶到东北的绰斯甲河谷（海拔2990米）相对高差1300—1600米；到南边的鲜水河河谷（海拔3200米），相对高差只有1000—1300米。

由于位置偏西，东南季风经过重重山岭的阻截，到达此地已是强弩之末，水汽的输送量减少。年降水量在600毫米左右，5—10月占全年降水量的92%，而且以降雨形式居多数。由于云量少，太阳辐射强烈，风大，年蒸发量大于年降水量的2—3倍。因此，形成干湿季明显的大陆性季风气候。

老则山的高度有限，而基带海拔又较高，所以，该山地的自然垂直带谱结构比较简单，从河谷到山顶只有两个自然带：

### (1) 山地寒温带针叶林——棕壤带

该带位于海拔4200米以下。年平均气温在3—6℃之间，最暖月平均气温10—14℃。

自然植被为亚高山针叶林。由于气候干湿季明显，针叶林的成分以耐干冷的树种为主，如川西云杉、鳞皮云杉 (*Picea retroflexa*)、鳞皮冷杉 (*Adies squamata*) 等。在带的上部往往分布一定数量的红杉 (*Larix potaninii*)。在东北坡的绰斯甲河及其支流的河谷，又有少量的高山松混生林边。林下灌木、草本以及苔藓植物都不发达。栽培植物中，玉米分布海拔在3000米以下，春小麦分布在海拔3300米以下，而马铃薯、豌豆和青稞分布的上限可达3700米。野生动物主要有林麝、马熊 (*Ursus pruinosis*)、黑熊、水鹿、短尾猴、野猪 (*Sus scrofa*)、豹、狼 (*Canis lupus*) 等。林下发育棕壤，呈中性至微酸性反应，盐基饱和度和由表土往底土增加，表明有一定的淋溶强度。

### (2) 亚高山亚寒带灌丛草甸——高山草甸土带

该带位于海拔4100米以上的山岭上部。年平均气温在0℃左右，最暖月平均气温4—10℃， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在200℃左右。自然植被为灌丛草甸。在森林线上的边缘，以窄叶鲜卑花 (*Sibiraea angustata*)、柳 (*Salix*) 为主。随海拔增加，在岭顶部分则为高山绣线菊、金露梅、嵩草 (*Kobresia spp.*)、圆穗蓼 (*Polygonum sphaerostachyum*) 珠芽蓼 (*P. viviparum*)、香青 (*Anaphalis sp.*)、委陵菜 (*Potentilla spp.*)、马先蒿 (*Pedicularis spp.*) 以及银莲花 (*Anemone spp.*) 等。该带的动物有狍 (*Capreolus capreolus*)、白唇鹿、岩羊、喜马拉雅旱獭 (*Marmota himalayana*)、高山姬鼠 (*Apodemus chevrieri*)、秃鹫 (*Aegypius monachus*)、胡兀鹫 (*Gypactus barbatus*)、寒鸦 (*Corus monedula*)、高山岭雀 (*Leucosticte brandti*) 以及多种朱雀 (*Carpodacus spp.*) 等高山高原动物。土壤为高山草甸土。土层分化明显，草根盘结层较厚 (达10公分以上)。全剖面呈中性至微酸性反应，有机质含量1.5—12%之间，由表层往底土减少。

## (三) 雀儿山自然垂直带

雀儿山是本区第二高山 (主峰海拔6168米)。山体的东面是海拔4200—4500米的丘状高原面，从山顶到山脚的新路海 (海拔4100米) 相对高差只有2000米。而高原面上为高山灌丛草甸-高山草甸土带，以此为基带，往山顶只有3个自然垂直带组成的带谱。即高山灌丛草甸-高山草甸土带 (海拔4600米以下)；高山寒带疏草-寒漠土带 (海拔4500—5200米)；极高山冰雪带 (海拔5200米以上)。现代冰川 (主要是冰斗冰川和悬冰川) 的前端下达4500米。

从雀儿山顶到西边的金沙江河谷（海拔2600米），相对高差达3600米。因而自然垂直带谱结构比东坡复杂。

（1）河谷暖温带稀树草地——淋溶褐土带

该带位于海拔3300米以下的河谷地段。年平均气温 5—8℃，最暖月平均气温 12—18℃， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温约2000℃以下。自然植被原为高山松林，由于人为的影响，现在只见散生的高山松于河谷的半阴坡，杂有桦树、槭树、山杨（*Populus davidiana*）等。栽培植物主要有小麦、马铃薯、青稞、玉米等。该带的动物主要有水鹿、短尾猴、黑熊、野猪、豺（*Cuon alpinus*）、高山姬鼠以及白鹡鸰（*Motacilla alba*）、暗绿柳莺（*Phylloscopus trochiloides*）、灰背伯劳（*Lanius tephrenotus*）、大杜鹃（*Cuculus canorus*）、锈胸兰姬鹟（*Ficedula hodgsoni*）等。该带发育淋溶褐土，土层分化明显。

（2）山地寒温带针叶林-棕壤带

该带位于海拔3300—4300米，带幅宽达1000米。由于水分条件较差，组成针叶林的树种比较简单，只有川西云杉和鳞皮冷杉两种。灌木主要有茶藨子（*Ribes spp.*）、高山绣线菊、花楸（*Sorbus spp.*）及忍冬（*Lonicera spp.*）等。草本有早熟禾、鳞毛蕨（*Dryopteris babigera*）等。苔藓层不发达。该带动物有林麝、白臀鹿、白唇鹿、黑熊、豺、鬣羚（*Capricornis sumatraensis*）、斑羚（*Naemoredus goral*）、曙红朱雀（*Carpodacus os*）、白眉朱雀（*Carpodacus thura*）、岩鹳（*Prunellidae*）等。林下发育棕壤，土层分化明显，呈微酸性至中性反应。

（3）亚高山亚寒带灌丛草甸-高山草甸土带

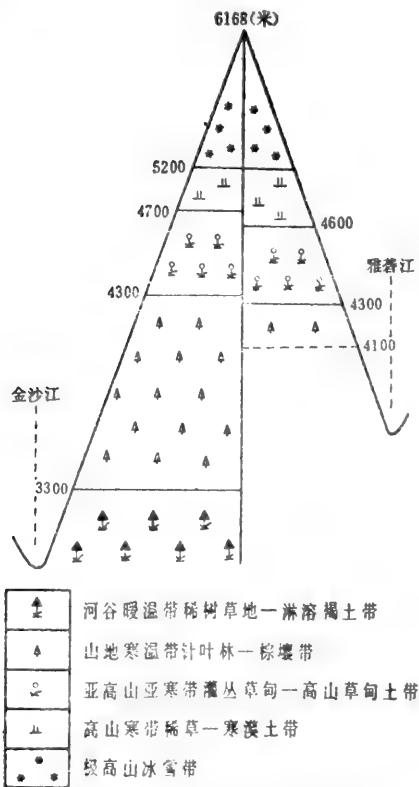


图3 雀儿山自然垂直带谱示意图

该带位于4300—4700米。本带最暖月平均气温5℃左右。自然植被主要有多种柳、高山绣线菊以及苔草 (*Carex spp.*)、嵩草 (*kobresia bellardii*)、马先蒿、披碱草(*Cline-lymus dahuricus*)、委陵菜、贝母 (*Fritillaris cirrhosa*) 等。主要动物有白唇鹿、岩羊、藏原羚 (*Procapra picticaudata*)、雪豹、藏狐 (*Vulpea dwecilata*)、喜马拉雅旱獭和白腰雪雀 (*Montifringilla taczanowskii*)、高山岭雀、黄鹌鹑 (*Motacilla flava*)、鸱鸺 (*Bubo bubo*)、高原山鹑 (*Perdix hodgsoniae sifanica*)、猎隼 (*Falco cherrug milvepes*) 等。

(4) 高山寒带稀草——寒漠土带

该带位海拔 4700—5200 米。主要植物水母雪莲 (*Saussurea medusa*) 和红景天、小嵩草 (*Kobresia pygmaea*) 等。土壤为寒漠土，土层薄而分布不连片。

(5) 极高山冰雪带

该带位于5200米以上。

三、自然垂直带的经向变异

从上述三个山体的情况可以看出，山地自然垂直带在同一纬度上的经向分异是显而易见的，概而言之，其主要表现在下列几个方面：

(一) 自东而西，自然垂直带谱结构由复杂变简单。在东部地区，从河谷到山顶，包含了从亚热带常绿阔叶林山地黄壤带到永久冰雪带的 6 个自然带。在西部地区只有 3—5 个自然带。基带为暖温带或寒温带针叶林棕壤带至永久冰雪带。

(二) 在自然垂直带谱结构中，东部地区则以森林带占优势，带幅宽度达 2100—3100 米，而西部森林带只有1000—1300米。

(三) 就以自然垂直带谱中的寒温带针叶林而言，自东而西，其带内的针叶树种组成，由复杂而变得简单。在东部地区组成，针叶林带的针叶树有16种，在西部地区只 2—3 种

表 2 亚高山针叶林带东、西部地区成分对比

| 地 区 | 亚 高 山 针 叶 林 的 组 成                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 东 部 | 岷江冷杉 ( <i>Abies faxoniana</i> )<br>峨眉冷杉 ( <i>Abies fabri</i> )<br>黄果云杉( <i>Picea balfouriana</i> var. <i>hirtella</i> )<br>紫果冷杉 ( <i>Abies recurvata</i> )<br>麦吊云杉 ( <i>Picea brachytyla</i> )<br>鳞皮云杉 ( <i>Picea retroflexa</i> )<br>方 枝 柏 ( <i>Sabina saltuaria</i> )<br>红 杉 ( <i>Larix Potaninii</i> ) | 黄果冷杉 ( <i>Abies ernestii</i> )<br>川西云杉 ( <i>Picea balfouriana</i> )<br>紫果云杉 ( <i>Picea purpurea</i> )<br>鳞皮冷杉 ( <i>Abies squamata</i> )<br>粗枝云杉 ( <i>Picea aspratae</i> )<br>青 杆 ( <i>Picea wilsonii</i> )<br>四川红杉 ( <i>Larix mastersiana</i> )<br>高 山 松 ( <i>Pinus densata</i> ) |
| 中 部 | 川西云杉 ( <i>picea balfouriana</i> )<br>黄果冷杉 ( <i>Abies ernestii</i> )<br>高 山 松 ( <i>Pinus densata</i> )                                                                                                                                                                                                     | 鳞皮云杉 ( <i>Picea retroflexa</i> )<br>鳞皮冷杉 ( <i>Abies squamata</i> )<br>红 杉 ( <i>Larix potaninii</i> )                                                                                                                                                                              |
| 西 部 | 川西云杉 ( <i>picea balfouriana</i> )<br>高 山 松 ( <i>Pinus densata</i> )                                                                                                                                                                                                                                       | 鳞皮冷杉 ( <i>Abies squamata</i> )                                                                                                                                                                                                                                                    |

(如表2)。然而,森林的上限则由东到西而升高,在东部地区森林上限为3800或4100米,而西部地区则为4200或4300米,西部地区比东部升高了200—500米。

(四)在东部地区,山体的坡向只影响自然垂直中某一带的植被成分(也包括动物种群和土壤性质);而在西部地区,坡向还影响到自然垂直带的结构特征。

(五)在动物的种群上,东部地区以东洋界动物占优势;而在西部地区,则以古北界青藏区的动物为主。

### 参 考 文 献

- (1) 姜恕, 1962 川西滇北地区自然垂直分带和水平差异。自然区划讨论会论文集, 科学出版社。
- (2) 四川植被协作组, 1980, 四川植被, 四川人民出版社。
- (3) 管中天, 1982, 四川松杉植物地理, 四川人民出版社。
- (4) 四川动物资源编辑委员会, 1980, 四川动物资源志, 四川人民出版社。
- (5) 秦自生、胡锦涛, 卧龙自然保护区大熊猫生态环境的植被类型, 南充师范学院学报, 1981, (8)。
- (6) 胡锦涛主编, 1981, 卧龙自然保护区大熊猫、金丝猴、牛羚生态生物学研究, 四川人民出版社。

### THE CHARACTERISTICS OF VERTICAL NATURAL ZONATION IN THE NORTHERN PART OF MOUNT HENGDUAN

Gao Chengzhun      Zheng Yuanchang

Chengdu Institute of Geography, Academia Sinica

Abstract

The northern region of Mount Hengduan was surveyed in 1982. The region lies in the northwest of Sichuan Province, between  $29^{\circ}30'$ — $33^{\circ}00'$  N and between  $98^{\circ}30'$ — $103^{\circ}30'$  E. The survey focused on the construction characteristics of vertical natural zonation of Mount Four Gril, Mount laoce Jiading and Mount Qiao Er.

In the first part of the present article, formation conditions of vertical natural zonation are analysed, while the second part deals with the construction and variation of vertical natural zonation of the three mountain. These mountains are located in the same latitude, but in different longitude. Mount Four Girl is in the east part of the region. Its vertical natural zonal spectra is of complete texture and contains all natural zonations from subtropical zone to polar alpine nival zone. The spectral construction of the mountain is as follows:

- (1) Mountain subtropical evergreen broad-leaved forest zone at alt. 900—2000m.
- (2) Mountain warm-temperate coniferous and broadleaved mixed forest zone at alt. 2000—2600m.
- (3) Mountain cold-temperate dark coniferous forest zone at alt. 2600

—3800m.

(4) Subalpine subfrigid shrub and meadow zone at alt. 3800—4500m.

(5) Alpine frigid, cold desert with aparse grass at alt. 4500—5200m.

(6) Polar alpine nival zone at alt. 5200m.

Mount laoce Jiading is in the middle of the region. Threr are three natural zonations from the river valley to the top of mountain. Mount Qiao Er is a wellknown mountain in the west part of the Hengduan mountain region. Since the elevation of the basic zone is high, its vertical zonal sperctra is not of complete construction. Four zonations are divided in the western slope.



## 21. 四川西部自然地理分异<sup>①</sup>

刘 燕 华

(中国科学院地理研究所)

四川西部主体在大地构造上属松潘、甘孜褶皱系<sup>②</sup>，呈舌状向南伸出，区内断层发育，南部以南北向为主，北部则为北北西和北北东两组方向呈扇形展开，断层与山脉走向基本一致；在地形上属我国第一级台阶向第二级台阶的过渡带；在行政上隶属于凉山、阿坝和甘孜自治州。本区的地形变化突出，气候类型多样，自然地理分异呈现了一定的规律。

### 一、地理位置和地势结构引起的分异

川西处于低、中纬度内陆区，是青藏高原的东部边缘地带，地形北高南低，平均高度从4000米到2500米，70%以上地面海拔超过3000米，自西向东分布着许多纵贯南北的河川，谷地大都在2000—3500米，两侧山脉多在5000米以上，并有现代冰川分布。由于流水切割程度的不同，川西地区自北向南可分为几个不同的地形区。从若尔盖、红原、壤塘、色达、石渠一线以北，为青藏高原的东南缘，境内地势高，海拔在3500米以上。其西部丘状起伏，4400—4800米多，为平缓状态的平缓浑圆丘陵，相对高度50—500米。3700—4200米大都为宽谷，谷底宽阔。雅砻江、大渡河及其支流的上游迂回曲折缓慢流过其间，切割不深，阶地广泛分布。高原东部地面向北倾斜，海拔3400—4000米，丘坡与谷地平缓相连，相对高度50—200米，白河、墨曲从南向北蜿蜒流入黄河，河曲发育，谷地宽平，形成广阔的冲积平原及湖泊沼泽洼地。在高原以南，松潘、黑水、马尔康、金川、康定、九龙、乡城、巴塘一线以北，由于河流的作用，高原被切割，谷底深邃，相对高度从500米左右逐渐加深到2500米左右，山顶仍保持丘原的特征，山原面海拔高度在4000—4500米，山顶海拔多在5000米以上并发育有雄伟壮观的冰雪地貌。山原地貌以南，盐源以北，为典型的高山峡谷区，山脉控制着河流走向，山岭海拔多在4200—5800米，谷坡陡峻，河谷紧束，河流谷底低于山岭1500—3000米左右。盐源县以南和东，地势降低，属青藏高原向云贵高原的过渡带，河谷宽阔平坦，多在海拔1000米左右。上述几个地形区的海拔高度自北向南呈梯状降低，影响到干湿条件南北间的差异。

从大尺度地域分异规律来看，本区所处的纬度位置、海陆相对位置及地势结构的组合，决定了本区具有一定的水热条件和相应的地带性土壤和植被。在这样辽阔的范围内，水热条件分布的差异，受水平地带性和垂直地带性叠加作用的影响，呈现了有规律的变化。其变化幅度比我国东部季风区要大得多，大致相当于北纬25—50°的变幅。川西南端渡口、米易一带属南亚热带气候，年均温大于18℃，全年无冬，夏季长达190天以上，降水量1100毫米左右，干湿季分明。西昌地区属亚热带，年均温12—18℃，春秋相连长达10个月，全年无冬，年降水量1000毫米左右。康定、雅砻江流域中段为温带、暖温带地区，年均温6—

① 本文承张荣祖、郑度、杨勤业同志帮助和指正，在此表示感谢

② “中国大地构造基本特征”中国工业出版社，1964

12℃, 全年无夏, 降水量800毫米左右。阿坝属寒温带地区, 年均温 0—6℃, 冬季长达6—9个月, 年降水量700毫米左右。石渠、色达属亚寒带, 年均温低于0℃, 最热月均温低于10℃, 几乎全年皆为冬天, 降水量500毫米左右。由此可见, 本区气候自南向西北从亚热带半湿润气候向亚寒带半干旱气候过渡, 相应的地带性土壤和植被从常绿阔叶林(黄红壤)向灌丛草甸(亚高山灌丛草甸土)过渡。区内自然分异明显, 而各带幅的范围相对较窄, 为递变式的过渡。

## 二、大气环流及山文走向的影响

川西的气候受季风环流的控制, 夏季多雨, 冬季少雨。冬半年(10月—4月)高空西风急流控制着整个川西地区, 空气相对干燥, 少雨雪而多晴天。北部高原地区受青藏冷高压影响, 低层又配合有大陆性气团和北方南下冷空气的侵袭, 气候寒冷干燥。川西北石渠一月份均温仅-12℃。此期川西南部地区上空为西风南支, 近地面为热带大陆性气团, 形成干暖气候(即干季), 而北方冷空气的影响就很弱了, 米易县一月份均温为11.1℃。冬季南北温差达23℃以上。夏半年(5月—9月)西风带逐渐北移, 盛夏时可移至北纬40°以北。此期川西上空受到青藏高原高压, 伊朗高原、印度西北部高压向东移行的影响, 天气系统很复杂。随着西风的退移, 东南季风和西南季风逐渐向川西移动, 带来了暖湿空气, 温度升高, 降水量增大。本区南部受暖湿季风影响的时间长、强度大, 夏季气候温暖而湿润。北部, 季风的影响逐渐减弱, 温度和降水量逐渐降低。川西南部米易县7月份均温达24.9℃, 9月间降雨量达924.2毫米, 而北部的石渠7月份均温仅8.7℃, 5—9月份间降水量为411.5毫米, 形成了地域间气候明显的对比。

川西以山地为主, 地形高低相间, 山峦重叠, 山文结构的排列方式直接影响到大气的运行方向和速度, 加强了温湿条件区域间的差异, 使自然地理分异界限更为复杂。本区中、南部山河排列以南北走向、东西依次并列为主, 这就象一条条南北通道, 有利于夏季半年海洋暖湿气流顺河谷长驱北上, 使气温与降水在水平方向的变化与山脉走向、河谷排列趋势大体一致, 即沿金沙江、雅砻江、大渡河谷等温线和降水量等值线向北突出, 而在几条江的分水岭处, 则向南凹进。本区东北部山脉排列以北东—南西为主, 与东南暖湿气流斜交或直交, 阻挡了水汽的进入, 河谷雨水格外稀少, 如小金河谷、茂汶、汶川一带就是明显的雨影区。本区北部地形相对平坦, 温湿条件则随暖湿气流运行路线而变化, 呈自东南向西北的递减。

## 三、地形垂直差异对水热分布的影响

川西地区地形的垂直差异极为突出, 高地与低地间变化明显, 使得自然地理面貌在垂直方向的分异很显著, 成为本区自然地理分异的突出特征之一。本区地形以山岭、河谷相间排列为主, 岭谷之间高差的程度决定了气候在垂直方向的变化及垂直带谱性质。当然, 各垂直带谱还受到所处地理位置、下垫面性质及大气环流等因素的影响。本区地域分异同样也表现在不同垂直带谱的特征上。例如, 从米易、木里、雅江、石渠几地的垂直带谱分析(图1), 自南向北, 垂直带谱组合越趋简单, 每向北跨越一定纬度, 就会失去其南侧山地下部的垂直分带, 垂直带谱中部的分带相应有所降低。本区山地垂直带谱东西向(邛崃山、大雪山、沙鲁里山)的变化也反映了由于自东向西基带上升, 垂直带谱趋于简单这样的规律。垂直带谱

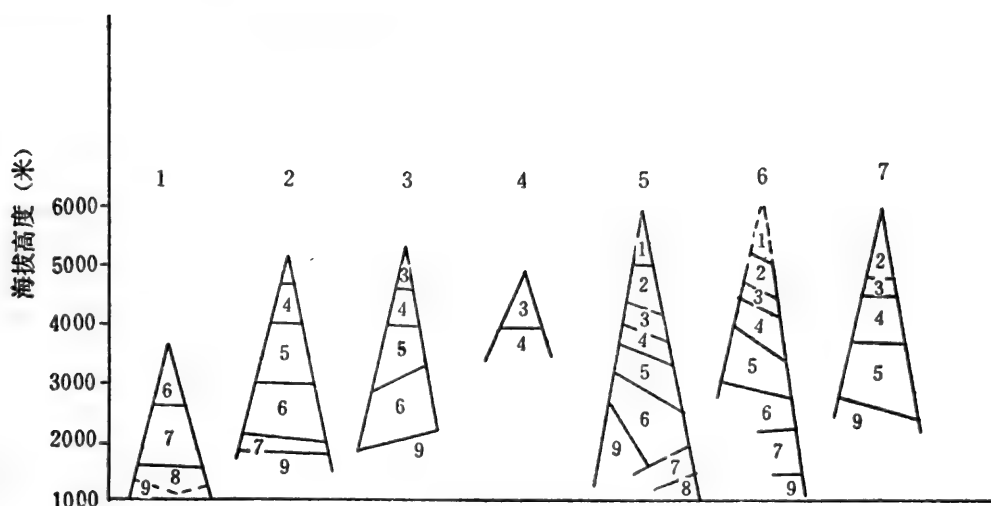


图1 四川西部地区垂直带谱比较

1. 米易 2. 木里 3. 雅江 4. 石渠 5. 邛崃山 6. 贡嘎山 7. 沙鲁里山

图内 1. 永久积雪带；2. 高山寒带高山稀疏植丛带；3. 高山寒带高山草甸带；4. 亚高山亚寒带灌丛草甸带；5. 山地寒温带暗针叶林带；6. 山地温带针叶林带；7. 山地亚热带落、阔混交林带；8. 山地亚热带常绿阔叶林带；9. 干旱河谷灌丛。

的性质，反映了区域水热状况的整体特点，本区各垂直带谱的多样性及差异变化规律在一定程度上体现了川西山内部区域分异规律。

地势起伏是造成气候垂直变化的主要原因，川西山地的温度递减率因不同地区和不同季节而异。如沙鲁里山东坡为 $0.7^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ ，西坡为 $1.5^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ 。大雪山东坡为 $0.67^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ ，西坡为 $1.0^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ 。又如，沙鲁里山东坡冬季气温递减率为 $0.7^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ ，夏季则为 $0.75^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ 。降水同样随高度而变化，如大雪山东坡降水递增率为 $13\text{毫米}/100\text{米}$ ，西坡则为 $40\text{毫米}/100\text{米}$ 。气温与降水垂直变化的不一致，反映了气候条件区域间的差异与联系，因而可以把它当作山地不同地域间相互比较的一种辅助手段。再有，掌握了不同地区温度和降水递减（增）率之后，可以把川西的温湿条件都订正到同一高度进行比较，对水平地带性的探讨将是很有意义的。

川西山地地形的巨大起伏成为不同气候区的天然屏障，迎风坡与背风坡气候特点差异很大，自然特点亦迅速过渡。因此，往往山脊线就是一条天然的自然地理界线，如邛崃山、夹金山、大雪山等。

#### 四、川西自然地理分异特点

川西地区自然地理分异是由地理位置及地势结构、大气环流与山文组合、地形的巨大起伏诸方面的综合影响而成，主要表现为温度和水分条件地域间的差异（图2）。因此，在认识地域分异中，温度、水分条件及其相互关系成为重要的分析指标。川西地带性规律是从南向北，从东向西逐渐从亚热带向亚寒带过渡。以基带作为地带性标志，依次为常绿阔叶林（米易）-落、阔混交林（西昌）-针阔混交林（木里、九龙）-针叶林（雅江、理塘）-灌丛草甸（石渠、色达）的地带性更迭，呈现了水平地带与垂直地带三度空间的变化，受山地复杂地

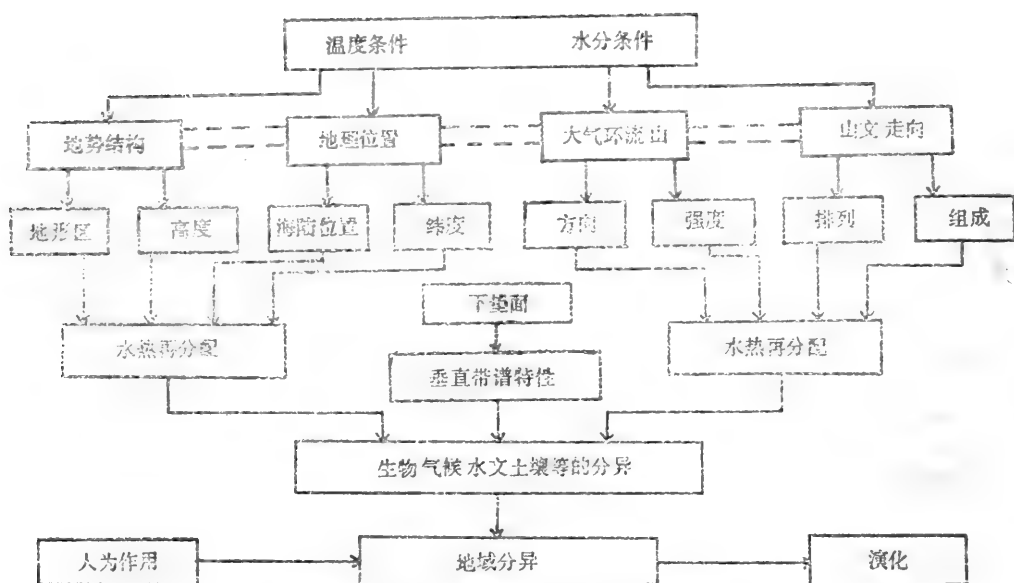


图2 四川西部地区自然地域分异图示

形的影响，自然地理界线变幅较大。山地垂直地带性变化突出，也是本区自然地理分异的重要标志，与川西地带分异规律相适应，区内垂直带谱构成也是自南向北，自东向西逐渐趋于简单，干寒的特点愈显突出。

川西地区可划分为三个自然地区，代表三个不同的热量带（亚热带、温带、亚寒带）的自然地理特征。在三个自然地区基础上划分十一个自然区，其经向分异较为突出（西北部高原区除外），反映地形条件的差异对温度、水分的影响，在某些地方体现了同一自然地区内不同流域间自然环境的变化。

## 五、问题讨论

川西地区以山地为主，确实是一山见四季，十里不同天。每条沟、每条谷都可以自下而上区分出垂直的自然地理差异，有些垂直带谱复杂；有些垂直带谱简单，这些变化取决于地理位置、地势的相对与绝对高度，河谷走向及开阔程度、山坡坡向与地方气候等因素。比如，木里县境内宁郎山东坡自下而上的带谱为2200米以下为干旱河谷，2200—3000米为针阔混交林，3000—3900米为针叶林，3900—4400米为灌丛草甸，4400米为高山草甸。这个带谱只能代表宁郎山东坡的一般情况，并不能说东坡任何地方都如此。如宁郎山东坡的水洛沟内，自然垂直分异随坡向而发生变化，垂直带谱的分布高度也有所不同，其2300米以上的阳坡为针阔混交林，阴坡则为纯针叶林了，自低向高也可划分一定的垂直带谱。由于各山地坡向、沟谷大小均导致局部气候的差异，带谱各具特点而不尽相同，因而研究本区的垂直带应制定适当的分级及其分类系统，这一系统应反映垂直与水平分异相互结合及其区域变化规律。初步考虑，第一级垂直带为海拔5000米以上山地，如岷山、大雪山、沙鲁里山等山系的垂直带谱；第二级是4000—5000米山体的垂直带谱，如宁朗山、羊拱山、锦屏山等。向下还可根据继续分若干个等级。

横断山区与四川盆地的自然地理界线，可根据盆地边缘垂直带谱与横断山地垂直带谱的

差异反映自然地理诸因素组合的不一致,作为划分界线的标志。如从成都—灌县—卧龙—邛崃山顶自低到高为一完整的垂直带谱,即从常绿阔叶林-落叶混交林-针阔混交林-针叶林-灌丛草甸-高山草甸-垫状植被-永久积雪。从邛崃山顶到小金及其以西,地形起伏明显,谷坡陡峭,基带海拔超过2000米,垂直带谱为干旱河谷-针阔混交林-针叶林-灌丛草甸-高山草甸-垫状植被-永久积雪,各垂直分带比东坡高,并缺少东坡下部两个垂直分带。根据类似的比较,可考虑把四川盆地与横断山区的界线划在泸定以东—邛崃山—松潘东北的岷山—若尔盖巴西区。

### 参 考 文 献

- (1) 郑度等, 1979, 试论青藏高原的自然地带地理学报, 34(1)。
- (2) 张荣祖, 1983, 国际山地综合研究的进展, 山地研究, 1(1)。
- (3) 四川植被协作组, 1980, 四川植被, 四川人民出版社。
- (4) 中国科学院成都地理所, 1980, 四川农业地理, 四川人民出版社。
- (5) 杨勤业, 1983, 横断山地区综合自然区划问题, 青藏高原研究(一), 云南人民出版社。

### REGIONAL DIFFERENCES OF WESTERN SICHUAN

Liu Yanhua

Institute of Geography, Academia Sinica

Abstract

Western Sichuan is a vast area where valleys run in parallel, with marked natural geographic differences. Regional differences of the area is determined mainly by geographical location, relief features and atmospheric circulation as well as their interrelations. Temperature, precipitation and water resources, and vertical spectrum of vegetation are the main features of regional differences.

Three natural regions and eleven sub-regions can be distinguished in western Sichuan.

## 22. 滇西北、川西南地区地貌的基本特征

李炳元

王富葆

(中国科学院地理研究所)

(南京大学地理系)

本文述及的范围南起大理附近,北至巴塘理塘一线,东以永胜—康定一线为界,包括云南省迪庆州、怒江州、丽江地区和大理州一部分,四川省甘孜州南部地区。罗来兴、任美镔等人分别在本区北部和南部作了大量工作。我们按中国科学院青藏高原综合科学考察计划,在前人工作的基础上于1982年6—9月对本区的地貌和第四纪地质作了进一步的考察。本文是对这次考察成果的初步总结,许多地方尚待进一步补充修改。

### 一、地貌基本特点

本区在大地构造上属滇藏地槽褶皱区中的印支地槽褶皱系,是欧、亚大陆南缘规模巨大的北特提斯中生代地槽的重要组成部分。区内有金沙江—红河深断裂、怒江深断裂等一组南北向的深断裂纵贯全区。金沙江—红河深断裂将本区分为两部。东部为松潘—甘孜印支地槽褶皱系,西部为三江印支地槽褶皱系。第三纪早期,本区遭受长期剥蚀夷平,晚新生代以来本区同青藏高原的其他部分一起大面积强烈隆起,与此同时区内断裂带复活。在此过程中新构造运动有两个明显的特点,即大面积隆起过程中时间上的阶段性,空间上由于断裂带复活而出现差异性。这些特点无疑地决定了本区地貌的基本格局,成为本区构造地貌上的重要特征。

本区位于横断山脉的中段,是一个巨大的“山原”,除少数突起的高山外,从宏观上看,横断山山顶为一个和缓起伏的面—高原面,它是由原始准平原抬升切割的产物。高原面由西北向东南或由北向南降低,从海拔4500米降到3000米以下。河流循地面总坡降由北而南流,深切于高原面之下。本区地貌的主要特征是山岭、高原面、河谷和盆地等主要地貌类型,在平面分布上呈平行排列,纵贯南北,交错相间,地面起伏剧烈,在垂向结构上成层分布。它们清楚地反映了本区构造行迹对区域地貌的影响。

#### (一) 各地貌单元在平面分布上呈带状排列

横断山脉的范围目前虽还没有统一的界限,一般来说指伯舒拉岭(南段为高黎贡山)至大雪山(包括贡嘎山)之间山地(也有人限指于金沙江以西),北界为昌都—刷金寺一线,南至中缅、中老国界,长约1000公里。横断山南段(下关以南)山脉向南呈南北向至西北—东南走向辐射展开,成帚状山脉;北段(大致在巴理—理塘一线以北)山脉逐渐变为北西走向,它与青藏高原内部的念青唐古拉山、唐古拉山等一系列山脉相衔接。从地貌上看,可以认为:南北走向的横断山脉与青藏高原内部东西走向的山脉之间没有明显的界线。高原内部的唐古拉山、念青唐古拉山等一系列近东西走向山地向东渐变为北西走向,再向东南过渡到南北走向。它们是适应于区域构造转折而挤集一起,横断山是一组近南北走向山系的总称。本区位于横断山中段,地貌上是近南北向的岭谷平行展布,从“横断”这个意义上来说,这里是最典型的一段,也是地势起伏最壮观的一段。

本区地貌自西而东可以分为:高黎贡山(伯舒拉岭);怒江谷地;怒山(梅里雪山)、碧罗雪山(他念他翁山);澜沧江谷地、金顶盆地;芒康山、云岭(老君山)、点苍山;金沙江谷

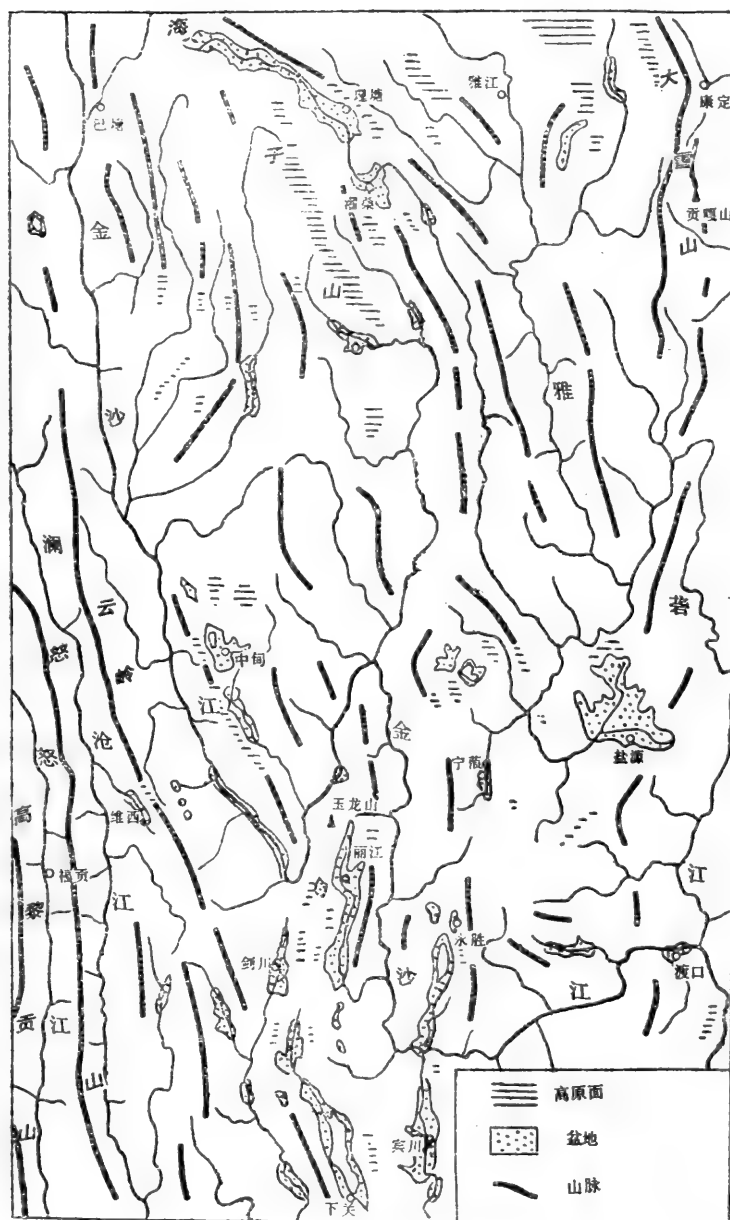


图1 滇西北、川西南地区地貌略图

地、剑川盆地、大理盆地；沙鲁里山(海子山)、玉龙山；雅砻江谷地；大雪山(贡嘎山)等九条地貌带。它们之间有时有次一级地貌带，如金沙江、雅砻江谷地之间有毛垭坝盆地、理塘盆地、濯桑盆地等。组成这些地貌带的正负地形，它们展布的方向基本上一致，呈近南北或北北西走向，与区域构造线方向基本一致。各地貌带的边界往往受区域性断裂控制，如金沙江—红河断裂、怒江断裂、澜沧江断裂等都是著名大断裂，它们控制了本区河谷、盆地和山脉的走向。本区地貌的成带性反映了地貌格局与地质构造之间的密切关系。

## (二) 地貌在垂向上呈层状分布

本区地形崎岖，山高谷深，谷底和两侧山顶的高差通常达2000—3000米，甚至更大，内部的山地与盆地之间高差亦在1000—2000米以上，贡嘎山与东侧谷底高差达5000米以上，反



映新构造运动的差异性。横断山地区地势起伏巨大，地貌垂直结构上有明显的成层性，从上而下大致可以分为四层：

(1) 突出于高原面以上，由高山、极高山组成的山岭。

(2) 高原面，构成横断山丘状或波状起伏山顶面或齐一的峰顶面，是残留的原始准平原面，具跨流域性质，构成本区分布最广的一级地貌面，为区域地貌的一个重要特征。

(3) 剥蚀面是镶嵌在高原面之下的山坡上，沿河谷两侧和盆地周围分布，有的成为河谷谷肩，是局部剥蚀夷平的地面。

(4) 河谷和盆地是成层地貌中最低部分，其中包括河流、河漫滩和湖泊，湖滨平原以及阶地等。

本区层状地貌包括两个组合：山岭—高原面—剥蚀面—河谷和山岭—高原面—剥蚀面—盆地。这种地貌的成层结构无疑是新构造运动间歇性上升和河流下切（盆地相对下降）的结果。成层地貌结构的研究不仅对地貌条件的评价有一定的实践意义，而且对研究区域地貌发育历史有重要意义。

### (三) 地貌组合上的区域差异

本区虽同属横断山脉，但从大地貌看南北两部显然不同，北部属于青藏高原，南部（主要东南部）为云贵高原一部分。两者之间没有象青藏高原南部和北部那样以平原和山地相分的明显界线。从原则上说青藏高原和云贵高原的界线可以根据高原面的高度来划分，但由于这个地区断块活动引起高原面解体，造成了划界的复杂性。不过从宏观来说本区南北两部分仍有较大的差异。玉龙山及其以北地区山岭高度常达5000米以上，不仅古冰川作用发育，而且有现代冰川和冰缘作用，高原面海拔都在4000米—4500米以上，与青藏高原地貌特征相似，应属青藏高原一部分；玉龙山以南地区除少数断块山地（如点苍山）高峰超过4000米以外，一般在4000米以下，高原面的高度一般在3000米左右或更低，其地貌观景与青藏高原不同，而与云贵高原相似，所以它是云贵高原的一部分。

根据大地貌轮廓，地貌组合特点，本区大致可以分为三个不同的地区：

1. 西部高山峡谷地区，大致包括金沙江以西的地区，怒江、澜沧江、金沙江和高黎贡山、怒山、云岭相间平行南流。地貌上为峡谷和高山相间，峡谷中阶地不发育，一般具有明显的谷肩；山地除局部有残留高原面和小盆地外，山体都较狭小。怒江至金沙江间最短间距仅60公里，地面切割深度超过2000米，是横断山区河流下切最强烈的地区。这里交通不便，耕地面积少，但水力资源丰富，同时谷底热量条件较好，可发展亚热带经济作物，整个山地则应保护森林，防止泥石流、滑坡等。

2. 东北山原峡谷地区，指金沙江以东，玉龙山以北地区，包括川西南全部和滇西北一部分，本区由山岭、宽阔的高原面和深切峡谷组成，局部有宽谷盆地，古冰川作用广泛，在稻城至理塘高原面上还发育了小冰盖，本区海拔较高，高原面海拔4000—4500米。盆地海拔较高，一般在3100米以上。盆地和高原面上以牧为主，高原面以下的山地有森林，可合理采伐更新。

3. 东南湖盆山原地区，主要指玉龙山以南，点苍山以东，包括云南大理州和丽江部分地区，属云贵高原。它由一系列湖盆和中山、高原面相间组成。高原面海拔在3000米左右或更低，湖盆底面海拔2000米左右，地貌组合以山岭—高原面—剥蚀面—洪积扇—湖积平原为主。除位于北部的金沙江切割较深外，地面起伏较小，湖盆大多未被现代河流切割，盆地中往往保留有湖泊，如著名的洱海、程海、泸沽湖等。地貌特征上与云贵高原相似，属云贵高



原一部分。这个地区海拔低，地势平缓，多坝子是云南重要的农业区之一。但本区东南部由于少雨，加上很大一部分为石炭岩分布区，地表缺水，地下水位亦低，所以干旱严重，部分湖泊退缩，湖水矿化度增高也是一个突出问题。

## 二、基本地貌类型

如前所述，本区是由山岭、高原面、剥蚀面、河谷和盆地等组成的多层次地貌，它们都是复合型的地貌类型。我们这里指的河谷和盆地主要是指谷底和盆地底部的特征，因而在地貌分类上是不严格的。对这些类型的研究无论在生产实践上和理论研究上都有重要意义，因而有必要作一讨论。

### （一）山岭

本文所称的“山岭”仅限耸立于高原面以上的山地，其海拔都在4—5千米以上，在分类上主要属高山、极高山之列。山岭是原始准平原上的蚀余山地和新构造断裂隆起山地。大多数山岭十分峻峭雄伟，新构造活动明显，如：大雪山中的贡嘎山（7556米）—横断山脉的最高峰、沙鲁里山中的格聂（6204米）及其南部的玉龙山（5596米）、云岭中的白马雪山（5450米）、怒山中的梅里雪山（6740米）等等。这些山岭大致近南北走向。本区北部山岭平均海拔5000—6000米，突出于高原面往往达千米以上，形态多数呈角峰。在海拔5400米以上的山地往往有现代冰川发育，其中以贡嘎山和梅里雪山现代冰川最集中，有规模较大的山谷冰川。冰川末端可以伸至海拔2700米处。本区北部山岭上，现代冰缘作用也较活跃，岩屑坡、石冰川、石条……等广泛分布，冰川冰缘作用为山岭上的现代的地貌主要营力。本区南部山岭海拔较低，如点苍山最高峰—马龙峰海拔仅4122米，无现代冰川作用，仅少数高峰地区有古冰斗遗迹分布，山地以流水作用为主。北部山岭的中下部和南部山岭，均有较好的森林和草地，为发展林业、牧业提供条件。这类山地下部虽然热量条件较好，但山坡较陡，一般不宜开垦利用，应积极保护、更新现有林地，以涵养水源，保证下游农田灌溉。

### （二）高原面

高原面是指经长期剥蚀夷平作用形成的原始准平原面，后经新构造运动抬升形成目前最高一级的夷平面。无疑，它具有跨流域的意义，是青藏高原面的一部分。它的形成是本区地貌发育过程中的一个重要里程碑，高原面与其在解体过程中形成的剥蚀面和断陷盆地的底面都是不同的。

高原面分布于河谷谷缘线以上，现代河流溯源侵蚀尚未到达分水岭地带，是本区分布最广的一级地貌面。由于高原面经受后期新构造运动和流水侵蚀作用的程度不同，因此其保存情况和地貌形态在各处是不一样的。

分水岭地带比较宽的地区，距河流干流较远，支流的溯源侵蚀尚未到达的地带亦较宽，一般保存了完整的、平缓起伏的宽阔丘状高原面。如稻城至理塘间的金沙江和雅砻江分水岭地带的高原面，即海子山高原面宽约50公里，海拔4500米左右，相对起伏不到300米，地面坡度10度以下，这里又经第四纪古冰川作用，进一步和缓了地面起伏。其它地方如理塘与雅砻江之间（4400米）、雅砻江与新都桥之间（4400米）、小中甸西面的三碧海（约4000米）等都保存了宽缓的高原面，最宽可达数十公里。本区东南金沙江水系与红河水系之间分水岭地带，亦保存了大片的丘状高原面，如丽江附近（3000米左右）、剑川附近（2800—3000米）、大理东盆地东面（2400—2700米）等。

由石灰岩组成的高原面地表常覆盖数米至十余米的红土风化壳和石芽，并有溶蚀浅洼地、漏斗和喀斯特缓丘发育。这些地区地面径流多潜入地下，边缘地表水流不大，高原面保存较好呈丘状起伏，但边缘以较陡坡度降到谷地，如白汉场东，鹤庆与剑川间高原面。

在河网密度较大，河间地比较窄小且河流切割强烈的地区，高原面切割破碎，呈狭长的、齐一的山顶面形态出现。如金沙江、澜沧江和怒江之间三江地区干支流切割深，高原面呈齐一的山顶面。

本区高原面的高度明显地具有北高南低的特征，反映了新构造运动由北向南掀升运动的性质，并在玉龙山附近似有明显的间断，其西北面4000—4500米，其南为3000米左右或更低。

本区山顶往往可见二级或更多的剥蚀夷平地分布，前人对不同高度剥夷面的形成有不同看法，有人认为是由一个统一夷平面经构造运动位移而解体形成，也有人将此看成为不同时期的产物。关于这一问题尚待进一步研究，一般可以通过相关沉积和构造形变的研究来解决。据我们观察，认为任美鏊先生提出的本区存在夷平面和剥蚀面两个概念是比较合适的。

高原面的海拔和组成物质等地貌条件不同，它们在土地利用上也有差异。北部高原面海拔在4000米以上，组成高山的山顶面，热量条件较差，其地表古冰缘作用普遍，有些地区还经受古冰川作用（如小中甸西三碧海和海子山等），在三碧海等海拔4000米左右的高原面上有成片的原始森林，在4300—4500米的高原面上，除海子山等局部地区仍有小片林木以外（最高落叶松树分布高度达海拔4450米），主要为草场，是川西、滇西北地区主要的高山牧场。本区南部高原面海拔在3000米以下，组成中山的山顶面，均分布于云南境内。这段随纬度降低。海拔变低，热量条件较好，高原面上一般有较厚的风化壳，在没有人为破坏情况下可以发展林业，除滇中少雨地区石灰岩高原面缺水严重地区外，可适当地发展农业，这级高原面在云南占有一定面积，如何合理利用是很重要的。

### （三）剥蚀面

剥蚀面为局部剥蚀夷平的地面，位于高原面之下，沿现代河谷两侧和盆地周围分布。剥蚀面在河谷两侧谷坡以上，组成较狭小的谷肩台地，地面有一定的坡度。怒江、澜沧江、金沙江及其主要支流两岸都可见1—2级剥蚀面断续分布。如巴塘竹巴笼附近，金沙江两侧普遍分布一级高出江面600—700米的剥蚀面，地面有1—2米的红色和黄棕色风化壳，其上还有高出江面900米左右的一级剥蚀面。奔子栏附近金沙江河谷上面亦可见二级谷肩，其上有村庄分布，奔子栏西拱卡村所在的拱卡垭口是金沙江两条支流的分水垭口，表面为棕红夹灰白色砂土，角砾层，高出江面约700米，可能相当于金沙江河谷以上的一级剥蚀面，河谷两侧的剥蚀面无疑是河流从高原面上切过程中相对稳定时期形成“宽谷”面的残余。它分布零星，高度变化较大，在大范围内对比有一定的困难。剥蚀面在盆地周围，呈和缓丘陵、低山或台地的形态出现，如理塘盆地和中甸盆地都有分布。

本区可耕地较少，河谷两侧的剥蚀面虽面积不大，但地面较平缓，有一定厚度的残坡积土层、海拔相对较低，热量条件较好，因而开发利用这部分土地对当地是很重要的，在有水源的地方大多已开为耕地，因此本区河谷中的居民点常常分布于这级地貌面上。

### （四）河谷

本区河流众多，绝大多数河流分属金沙江、澜沧江、怒江三大水系。“三江”及其支流（雅砻江等）纵贯南北，深切于高原面以下，但一些支流上游河流溯源侵蚀尚未到达，谷地较宽浅，因而本区形成两种不同的河谷形态。

1. 高原型河谷。是现代河流强烈溯源侵蚀尚未到达地区的河谷，主要是指几条大江的一些支流的上游河段。那里河流切割较浅，一般都在 500—1000 米以下，谷底较宽，河流两侧有阶地、河漫滩和支沟洪积扇分布。河谷谷底海拔高度在北部地区一般在 3500 米以上（稻城宽谷 3740 米），热量条件较差，但只要海拔不很高仍可发展高寒农业。

2. 深切型河谷，现代河流强烈溯源侵蚀作用下切形成的河谷，纵贯本区的怒江、澜沧江、金沙江、雅砻江的干流以及其支流的中下游段都是深切在高原面之下的谷地，切割深度（以高原面算）达 1000—2000 米。按形态可分为三类：

（1）宽谷。从谷形上来说仍是展宽的 V 形谷，相对地说谷底较宽。如：道街、芒宽至上江一带怒江河谷，虎跳峡以上的金沙江河谷等。宽谷处江面较宽。在河流两侧发育河漫滩和 3—5 级基座或堆积阶地。支沟口有洪冲积台地发育。谷底宽度要比江面大 3—5 倍以上，常常超过 1 公里。云南一带称之为坝子，也有称河谷盆地，主要由干流（有时支流汇入）侵蚀而成。

（2）峡谷。一般较尖锐的 V 形谷，河面宽数十米至百余米，占满了整个谷底。阶地河漫滩不发育，仅在某些支沟沟口可见有选置的冲积扇发育。这类河谷在本区河谷中占有相当大的比例，如雅砻江河谷、贡山以上怒江河谷、澜沧江、金沙江及其主要支流中下段，其中有举世闻名金沙江虎跳峡。

3. 狭谷。河谷形态结构上介于峡谷和宽谷之间的过渡类型。河流两侧有不宽的阶地和洪冲积扇分布，由于河流弯曲，它们常分布于凸岸面，凹岸形成侵蚀陡崖，使谷底阶地河漫滩往往不连续分布。如六库、贡山等怒江河谷。

上述三种河谷形态受局部地势、岩性、地质构造和新构造运动以及支流汇入等因素影响，变化相当复杂。各种河谷形态之间没有明确的界线，一条河谷中其形态经常变化，特别是峡谷和狭谷常常是交替连续分布的。本区河谷谷底海拔较低，海拔仅 2750—850 米（表 1）。加上谷底有利的小地形条件，热量是很丰富的，在宽谷段，地面较平坦，引水灌溉条件也较好，所以这是本区发展农业最有利的地区，可利于发展亚热带和暖温带的经济林木。在怒江谷地南部（道街坝）甚至可以种植热带作物，橡胶、可可等，成为我国种植最北的热作区。

表 1 本区主要大河河面高程

单位：米

| 位 置   | 北 纬 30° 附 近 | 北 纬 26° 附 近  |
|-------|-------------|--------------|
| 怒 江   | 约 2670      | 850          |
| 澜 沧 江 | 约 2750      | 1330         |
| 金 沙 江 | 2510        | 930（永仁东）     |
| 雅 砻 江 | 2560        | 1000（与金沙江汇口） |

但是，宽谷类型在三种河谷中是最少的一类。本区河谷绝大部分为峡谷和狭谷。除怒江南段、和东部的雅砻江等湿气流可以进入外，多数河谷因河谷地过窄，湿气流难以深入，同时两侧山地较高，谷地内常受焚风影响，再加上河谷中风速较大，加强地表蒸发，致使谷底显得特

别干旱，素有“干热河谷”或“干暖河谷”之称。如奔子栏、竹巴笼、大坝等段金沙江谷地都属此类。但此类河谷有较丰富的热量资源，只要解决水源，充分发挥这类地貌的有利条件，合理发展种植农作物和经济林木还是有可能的。目前这些河谷的谷坡上部（主要在支沟谷地中）是森林区，有丰富的森林资源。但这类河谷由于谷坡陡峻，加上河流的强烈侵蚀使山坡物质移动强烈，常有山崩垮山、滑坡、泥石流等灾害发生，局部地区还有风沙活动，缺水现象较重，这些不利地貌现象在发展经济中必须引起重视，我们认为保护水源涵养林，保持正常生态平衡，防止水土流失，严禁陡坡毁林开荒（贡山附近在30多度山坡上仍在开荒种植）是当务之急。

### （五）盆地

本区盆地众多，盆地周围有较宽的湖积平原，是本区农业和人类其它经济活动的中心。按主导成因通常分为构造盆地、侵蚀盆地和喀斯特盆地三类。侵蚀盆地主要是由河流长期侵蚀作用形成的，盆地内由河流冲积物组成。喀斯特盆地是石灰岩溶蚀盆地，任美镔先生将此分为溶蚀洼地和波立谷盆地，后者除溶蚀作用外还有侵蚀作用。在本区主要分布于云南西北部。比较重要的有丽江的拉石海盆地，它是一个石灰岩封闭盆地，盆地底部平坦有积水—拉石海，盆地周围喀斯特漏斗发育，地面干旱。中甸盆地也是与喀斯特作用有关的盆地，它是一个大型封闭盆地，盆底拿帕海水通过西北端一系列落水洞外泄，目前已近于疏干。但从盆地中有较厚的湖积物等其它地貌特征看，主要是由构造作用形成的。

构造盆地是本区分布最广、面积最大的一类盆地，几乎所有的大型盆地都属这一类。它们是在高原面解体过程中断裂活动形成的，主要为断陷盆地。这类盆地无论同人类的生产活动，还是对本区地貌轮廓的控制都是很重要的。我们讨论盆地时主要指这一类。

构造盆地在发育过程中大多有一个成湖时期，由于盆地发展阶段不同、周围地貌的差异，在盆地底部形成了不同的地貌组合：

1. 近代河流侵蚀作用尚未到达的地区。在本区南部大多数盆地中至今仍有湖泊发育，如剑湖、洱海、程海、泸沽湖、连花海、碧塔海、属都海等。湖泊周围地貌类型有洪积台地、洪积扇、冲积湖积平原（如洱海西）；冲积平原和三角洲平原组合（洱海北）；洪积台地、湖滨阶地、洪积湖积平原组合（程海）；阶地、冲积平原和湖积平原组合（剑湖）等。有的湖泊正趋向消亡，如拿帕海；有的湖泊已被疏干如丽江盆地、鹤庆盆地、永宁盆地、永胜盆地和宾川盆地等。盆地中，地貌组合有洪积平原、冲积平原、湖积平原（湖沼平原）组合，如中甸盆地、丽江盆地、宾川盆地；有的为阶地、河漫滩平原和河流组合，如鹤庆盆地、永胜盆地等。这些盆地地面平坦，灌溉方便，但湖水普遍退缩是值得注意的问题。

2. 近代河流已开始切割的盆地，如理塘灌桑盆地、木拉盆地、小中甸盆地、维西盆地，均主要以阶地、台地和河流组合。盆地中以台地和阶地为主，河漫滩面积小、排水较通畅，但灌溉有一定的困难。

本区盆地因海拔高差较大，所以各盆地的自然环境也有明显不同，在改造利用上也有差别，因而有必要按高度将本区分为两类盆地：

（1）高盆地：盆地海拔在3000米以上，分布于本区北部，主要有两条盆地带：一条带是毛垭坝盆地（4120米左右）、理塘盆地（3950米）、濯桑盆地（3660米）和木拉盆地（3560米）等。理塘河贯穿其中；另一带为中甸盆地（3260米）和小中甸盆地（3200米左右），此外还有碧塔海（3550米）和属都海（3620米）等。这些高盆地海拔较高，纬度偏北，热量条件较差，以发展牧业较好。在海拔较低的木拉盆地、濯桑盆地、小中甸盆地仍适合于高寒农作物的生

长。

(2) 低盆地: 盆地海拔一般在2500—2000米, 分布于本区南部的云南境内, 也呈带状分布。自西向东有维西盆地(2200米)、马登盆地(2400米左右)和金顶盆地(2300—2400米左右); 剑川盆地(2190米左右)、洱海盆地(2070米左右)和大理盆地(1965米); 丽江盆地(2380米左右)和鹤庆盆地(2200米左右); 永胜盆地(2140米)、程海盆地(1520米)和宾川盆地; 永宁盆地(2630米)、泸沽湖盆地(2690米)和宾川盆地等。这些盆地海拔较低, 加上有利的小气候条件, 热量较丰富, 都可以一年两熟, 发展暖温带和亚热带作物, 我国种植水稻的海拔最高记录就位于永宁盆地。这些低盆地是本区的主要农业区和经济开发地区。但有些盆地正位于滇中少雨带, 农业用水紧张, 湖面普遍退缩是引起生态环境变化的突出问题。其中尤以宾川盆地最为严重, 盆地周围山地不高, 且多石灰岩石山地, 地表缺水, 北部有金沙江深切河谷, 地下水基面较低, 干旱严重, 需要进一步研究解决。

### 三、有关地貌发育的几个问题

#### (一) 喀斯特地貌问题

滇西北地区, 特别是下关、洱海、剑川东、丽江、鹤庆、宾川及宁蒗等县都有较大面积的石灰岩分布, 其中包括上震旦统灯影组的白云岩和寒武系下统的灰质白云岩、白云质灰岩、泥盆系中上统的灰岩和二叠系茅口组和栖霞组灰岩等。灰岩中普遍发育喀斯特。就其分布的地貌部位来说可以分两大类:

1. 高原面上的喀斯特: 见于白汉场—剑川宽谷盆地与丽江—鹤庆盆地之间高原面(3000米左右)、宁蒗东牦牛坪一带(3300—3400米)、泸沽湖北岸、洱海盆地北面等地。高原面表面由喀斯特缓丘和洼地组成, 地表有较厚的红土风化壳, 红土中有埋藏的石芽。从气候分析, 红土为古风化壳。这些喀斯特类型属于古喀斯特类型, 它们可以同云南高原其他地方对比, 其时代可能形成于老第三纪。高原面上还有现代喀斯特漏斗发育, 如丽江与白汉场之间的高原面上的喀斯特洼地中漏斗密集, 由此说明高原上现代喀斯特作用仍进行。

在川、滇交界的大雪山垭口西侧, 有沿南北向伸展的高原面, 其中有一条近南北延伸的石灰岩带, 组成高原面一部分, 海拔4400米左右。在被切割的高原面边缘, 石灰岩裸露并形成似“峰林”状的岩柱, 早期洞穴在岩柱壁上被剥露, 并可见残留的充填在洞穴中的红色土状堆积。从分析这些喀斯特现象可能与高原面形成的时代相当或稍后, 高原面上喀斯特类型可能与白汉场—丽江高原面相似。上述的“峰林”状石灰岩岩柱应是流水和寒冻风化作用形成的, 而不是所谓古代热带峰林的残留, 这一点对研究青藏高原的古喀斯特是有重要意义的。

2. 盆地宽谷中的喀斯特: 见于白汉场和拉石海周围等地区。它们的喀斯特类型主要是一些负地形, 如洼地、漏斗、落水洞、盲谷和地下暗河等。本区由于地壳的不断上升, 侵蚀基面降低, 因此不同高程上的现代喀斯特均以上述负地形为主, 那里地表往往缺水干旱。拉石海为一大型喀斯特盆地(波立谷), 盆地及周围山地的地表水, 一部分直接由落水洞进入地下, 一部分先汇集在盆地北侧积水成湖—拉石海, 然后流入落水洞。因此, 可以通过控制进入落水洞的水量的办法来调节拉石海中的水位。中甸拿帕海在中甸盆地的西北部, 为一个浅水湖盆, 目前在盆地西北端有7个大落水洞及一些小落水洞, 吸水外泄, 可能在泥西电站从河上源流出。

## (二) 冰川地貌

本区现代冰川仅见于少数海拔5400米以上的高山，在整个地区来说是有限的。冰川类型除贡嘎山（7556米）和梅里雪山有规模较大的山谷冰川发育外，其他地区均以冰斗冰川、冰斗悬冰川为主。更新世时期冰川作用范围远较现代的大，一度为本区地貌发育的主要营力之一。古冰川类型有冰斗、槽谷、古冰川作用围谷、冰碛丘垅以及冰蚀和冰碛湖泊等。古冰川地貌类型及其分布有明显的地域差异。南部纬度较低，山地海拔亦较小，古冰川作用遗迹稀少，并以冰斗为主，大理附近点苍山古冰斗（海拔3790米），为迄今所见分布最南的古冰川遗迹。此外本区边缘高山峡谷地区的梅里雪山和贡嘎山山体高大，谷坡陡峻，其东坡古冰川遗迹曾抵达海拔2500米左右，为规模较大的复式山谷冰川。北部地势较高，古冰川遗迹分布也较广，古冰川槽谷、冰斗、冰碛丘垅等地貌类型在山岭中广泛分布，甚至高原面上也常有分布，并伸到宽谷和盆地边缘。

稻城和理塘之间的海子山是雅砻江支流无量河和金沙江支流之间的分水岭。它保存了宽阔平坦的高原面，从其横剖面看，两侧是突起山地，中间为低缓起伏高原面构成的鞍状地形。高原面海拔4500米左右，宽达40公里，其上有冰溜面发育的羊背石，花岗岩巨砾构成冰碛丘垅、冰碛和冰蚀湖等，海子山即由于湖多而得名。高原面两侧的山地海拔为4700—5000米，冰川侵蚀形态清楚，古冰川由山地向两侧伸展，即分别伸向高原面和海子山两侧河谷中。据我们观察，海子山高原面上的古冰川，除沿高原面上古河谷下泄以外，并无翻越两侧山脊垭口外溢的迹象。古冰川作用的性质并非是跨流域的冰盖，而是高位覆盖型冰川或称小冰盖。关于海子山小冰盖的形成可能与下面两个因素有关：①两侧山地发育冰川对高原面冰川有一定的补给作用，高原平缓起伏也有利于积雪，因此地形雪线低于附近山地。②海子山高原面海拔已达一定的高度，具备了积雪的低温条件。由上述原因，所以在更新世冰期中发育了小冰盖，而邻近的高原面并不一定有古冰川作用。

根据新老冰碛分布部位的高低，上下重迭关系和不同时期冰碛物风化程度，本区古冰川作用至少可以分为三次冰期。

## (三) 区域地貌发育问题

本区地貌类型组合上的成层分布，一定程度上反映了本区地貌发育的过程。根据前人研究成果和我们考察初步分析，本区地貌发育上至少可以粗略地分为三个阶段。

1. 高原面形成时期：高原面在本区广泛分布，构成跨流域分布的和缓起伏山顶部。无疑，它是由长期剥蚀夷平形成的原始准平原抬升后的产物，原始准平原是在地壳稳定条件下形成的。根据高原面被切平地层的时代和高原面解体的时代推论，高原面主要是在老第三纪可能至渐新世形成的，丽江砾岩为高原面的相关沉积。

2. 高原面解体—盆地、宽谷形成时期：新第三纪以来，本区随着构造上升，原始准平原开始解体，河流逐渐下切，高原面中解体出一系列的断陷盆地。新第三纪以来的构造盆地在本区广泛分布，盆地内晚新生代地层发育。这些地层中普遍含褐煤，但含煤地层时代，据现在资料看不尽相同的，有中新世（双河组），也有上新世（三营组）或早更新世（松毛坡组）。这些地层经一定构造变动，其中，新第三纪地层往往经受较强烈的褶皱，如中甸尼西和兰坪金顶等地，其后在第四纪早期又有构造相对稳定阶段中剥蚀夷平，形成了一级剥蚀面，构成了在盆地边缘常见的台地或和缓的低山和丘陵。从构造迹象看，上新世末更新世初的一次构造运动是较强烈的，影响较大，促使高原面进一步解体，一部分湖泊消失；同时又形成了一些新的盆地，如洱海、程海、泸沽湖等等。



大河及主要支沟在构造运动剧烈时期，河谷下切强烈形成峡谷，而相对稳定时期，下切较弱形成展宽河谷。因此，在盆地区剥蚀面发育的同时，沿大河及主要支沟河谷两侧发育剥蚀面，或称谷肩，代表宽谷期地面。两者似可对比，其时代分别为上新世和早更新世。

3. 河流大切割和近代成湖时期：中更新世以来本区强烈上升，以几条大河为中心强烈下切，深切河谷广泛分布。河流溯源侵蚀使一些盆地也被切割，如维西盆地、金顶盆地、木拉盆地等等。河流侵蚀作用尚未达到的地区，有些高原内部相对沉降，继续发育湖泊如洱海等。从河谷阶地和洱海西侧洪积扇发育说明，中更新世以来强烈上升也具间歇性。

## **BASIC CHARACTERISTICS OF LANDFORMS IN THE NORTHWEST YUNNAN AND SOUTHWEST SICHUAN AREA**

Li Bingyuan

Institute of Geography

Academia Sinica

Wang Fubao

Nonjing University

### **Abstract**

The regional landforms limited in the middle part of Transverse Mountains from Xiaguan in the south to Batang and Litang in the north are investigated. In this region piedmont plains and ridges are cut by valleys and basins. Three morphological characteristics are noted in this area, which are described as follows: 1) Mountains run in parallel with valley-basins from north to south. It shows that the frame of landforms in the area is structure controlled. 2) The ground altitudes consist of great ups and downs with distinct bedding property in the vertical morphology profiles. Mountain ridge, plateau surface, plane of denudation and valley-basin are recognizable. Their morphological distribution and characters are described. 3) Landform assemblages in this region are not uniform and three areas may be divided i. e. western high-mountain and gorge area, northeastern piedmont plain-gorge area and southeastern plateau-lake basin area. The first two areas belong to Qinghai-Xizang plateau, while the third is a part of Yunnan-Guizhou plateau.

Karstic and glacial landforms are also described, and the geomorphologic development of the area is briefly analysed. There was no palaeo-tropical fungling on the plateau surface. Limestone columns appearing on the plateau were due to fluvial and frost actions. Haizishan palaeo-glacial sheet was formed under the favorable condition of pleistocene period. However it was a limited one and did not run across other drainage system. The geomorphologic development of this area can be roughly divided into three stages: a) Formation of plateau surface, b) rupture of plateau, and development of basins and broad valleys, and c) deep cutting of rivers into the ground and formation of the present lakes.

## 23. 喜马拉雅及横断山脉对降水时空分布的影响

高登义 严江征

(中国科学院大气物理研究所)

关于大地形对于降水的影响,国内外研究颇多,然而谈及喜马拉雅<sup>(1)</sup>及横断山脉者却不多见。本文根据横断山区及喜马拉雅山脉南侧数十站多年降水资料,讨论了两山脉对于降水时空分布的影响;为研究整个青藏高原南缘的情况,增补了兴都库什山的资料。最后,并就此影响的机制问题进行了初步探讨。

### 一、资料及其处理方法

在东经80°—88°的喜马拉雅山脉南坡,沿东经80°、82.5°、84°、85°、86°和88°分别作了六条南北向剖面<sup>①</sup>。在紧密靠近这些剖面上,选择由南至北海拔高度递增的雨量站(表1)共47个。在横断山区,本文沿横断山脉最西侧、怒江河谷及横断山脉东侧作了三个南北向剖面<sup>②</sup>(表2)。资料年代均在10年以上<sup>③</sup>。为了比较,文中还引用了 Flonh<sup>(2)</sup>的降水资料,沿东经69.5°及72.5°作了两个南北向剖面(表3)。

为便于讨论降水的年变化,文中给出了降水比率年变化图(图5、6、7、8、10、12)。即以  $\eta_i = \overline{R_i} / (\overline{R_{\text{年}}} / 12)$  ( $i$ 为1月—12月)的值代替逐月降水量( $\overline{R_i}$ 为1—12月逐月多年平均降水量,  $\overline{R_{\text{年}}}$ 为多年平均年降水量)。

### 二、降水时空分布特征

喜马拉雅山脉为世界上最高的东西走向山脉。横断山脉是我国著名的南北走向山脉。两山海拔高度不同,走向各异,它们的降水时空分布特征自然有所不同。然而,由于它们地理位置相近,因而也存在相似特点。

#### (一) 降水随高度变化

讨论降水随高度的变化,早为山地气象学家和冰川水文工作者感兴趣。王文俊<sup>(3)</sup>等曾讨论乌鲁木齐河山区降水随高度的变化,指出在海拔2200米附近为最大降水高度,海拔3500米左右有次大降水。施雅风等<sup>(4)</sup>指出,在雪线附近有最大降水。沈志宝<sup>(5)</sup>、高登义等<sup>(6)</sup>发现,珠峰北坡存在两个最大降水高度,海拔7000米的北坳为第二最大降水高度。有人<sup>(7)</sup>则认为,在喜马拉雅山脉,最大降水高度在海拔1000—2500米,在此高度以上降水量随高度递减。

本文分析上述资料表明,在喜马拉雅山脉南坡,就东经80°—88°各剖面的平均情况而言(图1),粗看起来,在海拔2000米以下,降水值随高度有递增趋势,海拔2000米以上相反,降水有递减趋势(图1中虚线)。这似乎与过去<sup>(7)</sup>的结论相仿。然而,实际上,(图1

① 资料取自J. F. Dobremar, 1976, "Le Ne'pal ecologie et biogeographie"和西藏气象局资料室

② 资料取自云南省气象局及本队大气物理组

③ 除独龙江、片马、片马垭口三站外



表1 喜馬拉雅南側台站一覽表

| 沿 东 经 81° |        |        | 沿 东 经 82.5° |         |        | 沿 东 经 88° |             |         |        |        |             |
|-----------|--------|--------|-------------|---------|--------|-----------|-------------|---------|--------|--------|-------------|
| 站 名       | 北 纬    | 东 经    | 海拔高度<br>(米) | 站 名     | 北 纬    | 东 经       | 海拔高度<br>(米) | 站 名     | 北 纬    | 东 经    | 海拔高度<br>(米) |
| 普 兰       | 30°18′ | 81°08′ | 3900        | 穆 古     | 29°45′ | 82°33′    | 3658        | 沃兰丘格戈拉  | 27°41′ | 87°47′ | 3048        |
| 佩帕尔科特     | 29°37′ | 80°52′ | 1456        | 久 木 拉   | 29°17′ | 82°10′    | 2387        | 潘 森 多 马 | 27°41′ | 87°49′ | 2818        |
| 卡 塔 伊     | 29°00′ | 81°01′ | 1418        | 鲁 孔 科 特 | 28°36′ | 82°38′    | 2170        | 隆 拾     | 27°33′ | 87°47′ | 2438        |
| 普斯马兵营     | 28°53′ | 81°15′ | 950         | 萨 尔 扬   | 28°23′ | 82°10′    | 1666        | 梅门吉高特   | 27°12′ | 87°58′ | 1829        |
| 贝尼高特      | 28°51′ | 80°59′ | 340         | 利 班 贡   | 28°18′ | 82°38′    | 1300        | 伊 拉 姆   | 26°55′ | 87°55′ | 1257        |
| 沙尔帕尼      | 28°45′ | 80°55′ | 195         | 比 朱 瓦 尔 | 28°06′ | 82°52′    | 890         | 达 马 克   | 26°38′ | 87°40′ | 198         |
| 古拉里亚      | 28°10′ | 81°21′ | 161         | 库 苏 姆   | 28°01′ | 82°07′    | 222         | 拉尼比尔特   | 26°18′ | 87°59′ | 122         |

| 沿 东 经 84° |        |        | 沿 东 经 85°   |           |        | 沿 东 经 86° |             |        |        |        |             |
|-----------|--------|--------|-------------|-----------|--------|-----------|-------------|--------|--------|--------|-------------|
| 站 名       | 北 纬    | 东 经    | 海拔高度<br>(米) | 站 名       | 北 纬    | 东 经       | 海拔高度<br>(米) | 站 名    | 北 纬    | 东 经    | 海拔高度<br>(米) |
| 穆克蒂纳思     | 28°49′ | 83°53′ | 3580        | 亚 东       | 28°30′ | 85°14′    | 2900        | 聂 拉 木  | 28°11′ | 85°58′ | 3810        |
| 乔 姆 松     | 28°47′ | 83°43′ | 2800        | 加 特 阳     | 28°09′ | 85°16′    | 2350        | 曲 乡    | 28°05′ | 85°59′ | 3200        |
| 塔克莫法      | 28°45′ | 83°42′ | 2545        | 卡 卡 尼     | 27°48′ | 85°15′    | 2121        | 樟 木    | 27°59′ | 86°01′ | 2300        |
| 隆 莱       | 28°18′ | 83°48′ | 1520        | 森 科 特     | 27°41′ | 85°12′    | 1515        | 古 姆 丹  | 27°52′ | 85°52′ | 2134        |
| 马莱帕坦      | 28°13′ | 83°57′ | 856         | 昆 马 尔 特   | 27°40′ | 85°20′    | 1360        | 吉 里    | 27°38′ | 86°14′ | 2003        |
| 博 卡 拉     | 28°11′ | 84°00′ | 833         | 尼 李 加 里   | 27°12′ | 85°10′    | 760         | 梅 伦    | 27°31′ | 86°03′ | 1570        |
| 查 科 特     | 27°55′ | 83°49′ | 417         | 安 莱 克 甘 杰 | 27°07′ | 85°00′    | 396         | 辛杜利加希  | 27°17′ | 85°58′ | 1463        |
| 布特瓦尔      | 27°42′ | 83°28′ | 263         | 帕尔瓦尼普东    | 27°04′ | 84°58′    | 100         | 帕特尔特科特 | 27°05′ | 84°50′ | 299         |
| 拜瓦拉机场     | 27°31′ | 83°24′ | 140         |           |        |           |             | 锡 拉 哈  | 26°39′ | 86°13′ | 79          |

表2 横断山区南段台站一览表

| 沿横断山脉西部 |        |        |           | 沿横断山脉中部 |        |        |           | 沿横断山脉东部 |        |        |           |
|---------|--------|--------|-----------|---------|--------|--------|-----------|---------|--------|--------|-----------|
| 站名      | 东经     | 北纬     | 海拔<br>(米) | 站名      | 东经     | 北纬     | 海拔<br>(米) | 站名      | 东经     | 北纬     | 海拔<br>(米) |
| 独龙江     | 27°44' | 98°22' | 1900      | 德钦      | 28°39' | 99°10' | 3593      | 中甸      | 27°50' | 99°42' | 3276      |
| 片马      | 26°02' | 98°37' | 2000      | 贡山      | 28°03' | 98°45' | 1591      | 维西      | 27°13' | 99°31' | 2326      |
| 片马垭口    | 25°58' | 98°41' | 3100      | 福贡      | 27°04' | 98°48' | 1195      | 兰坪      | 26°41' | 99°32' | 2305      |
| 昔马      | 24°42' | 97°47' | 820       | 碧江      | 26°42' | 98°55' | 1928      | 永平      | 25°27' | 99°33' | 1616      |
|         |        |        |           | 泸水      | 25°59' | 98°49' | 1792      |         |        |        |           |

表3 兴都库什山台站一览表

| 沿东经 69°5'  |        |        |           |  | 沿东经 72.5°      |        |        |           |  |
|------------|--------|--------|-----------|--|----------------|--------|--------|-----------|--|
| 站名         | 北纬     | 东经     | 海拔<br>(米) |  | 站名             | 北纬     | 东经     | 海拔<br>(米) |  |
| SalangN    | 35°24' | 69°00' | 3350      |  | FedichenkoG1   | 38°48' | 72°12' | 4169      |  |
| SalangS    | 35°24' | 69°00' | 3100      |  | Kharog         | 37°30' | 71°30' | 2080      |  |
| Karizimir  | 34°36' | 69°06' | 1860      |  | Drosh          | 35°36' | 71°48' | 1509      |  |
| Kahul      | 34°30' | 69°12' | 1803      |  | Shahpuj Karora | 35°00' | 72°42' | 1000      |  |
| Parachinar | 33°54' | 70°06' | 1728      |  | Saidu Sharif   | 34°48' | 72°24' | 900       |  |
| Khost      | 33°42' | 69°54' | 1185      |  | Malakand       | 34°36' | 71°54' | 800       |  |
|            |        |        |           |  | Darband        | 34°24' | 72°48' | 470       |  |
|            |        |        |           |  | Tarbela        | 34°06' | 72°48' | 350       |  |

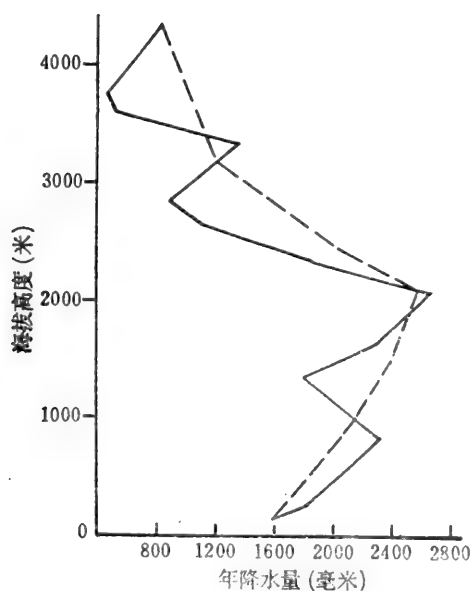


图1 喜马拉雅山脉南侧(东经81°—88°)年降水量随高度变化

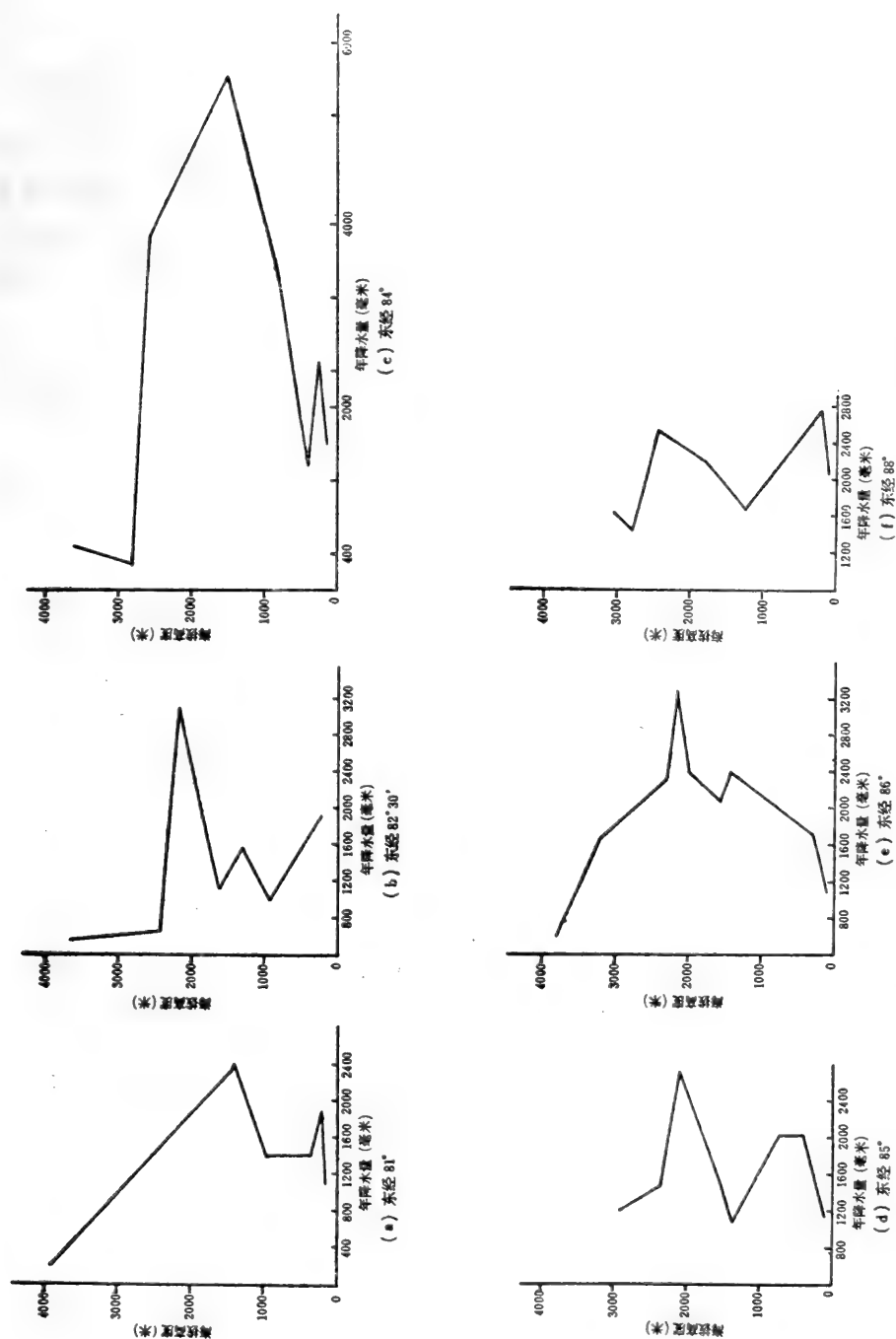


图 2 (a)~(f) 喜马拉雅山脉南侧诸南北向剖面上年降水量随高度变化

- (a) 沿东经 81° (d) 沿东经 85°  
 (b) 沿东经 82°30' (e) 沿东经 86°  
 (c) 沿东经 84° (f) 沿东经 88°

中实线)，海拔2100米以下存在两个最大降水高度，一个在海拔2000米附近，年降水量最大（2700毫米），一个在1000米高度左右（年降水量2300毫米）；海拔2000米以上，大约在3300米高度，存在又一大降水带（年降水量约1400毫米），而在海拔3800米左右，年降水量最小，仅500毫米；但在海拔4000米以上，降水又有递增趋势，海拔4300米的年降水量已达800毫米左右了。可见，喜马拉雅山脉南侧（东经80°—88°）似乎存在3—4个最大降水高度。

图2(a)一(f)给出了喜马拉雅山脉南侧六个剖面降水随高度变化的情况。综观这六个剖面，不难看出，各个剖面上均有两个或两个以上的最大降水高度。共同的特点是在2000米高度上下存在一个最大降水带，年降水量都在2000毫米以上。另一最大降水高度在各剖面上则不同，沿东经81°、84°、85°和88°出现在海拔500米以下，而在东经82.5°和东经86°，则出

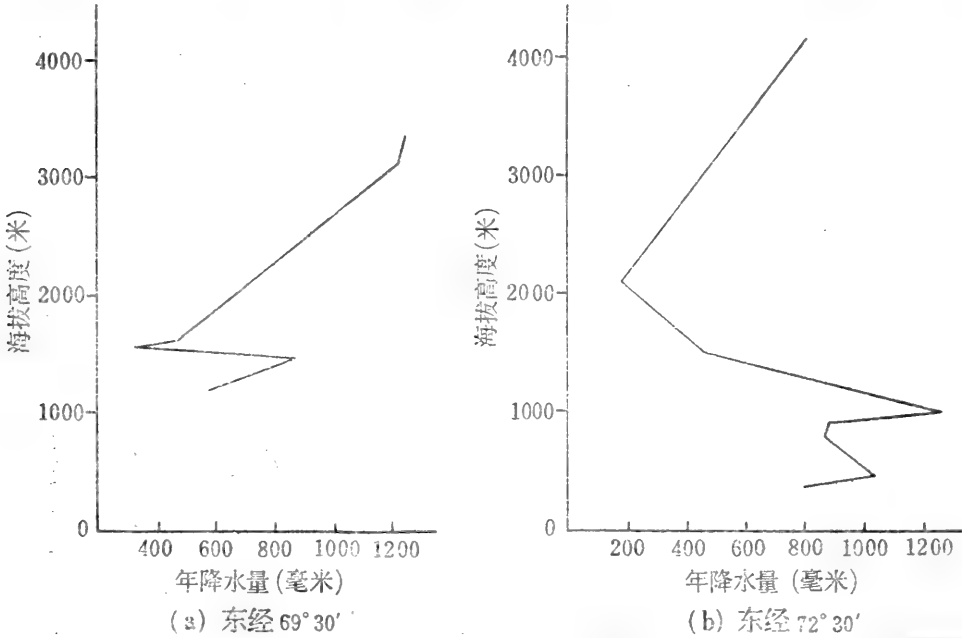


图3 (a)(b)兴都库什山年降水量随高度变化  
(a) 沿东经69°30'  
(b) 沿东经72°30'

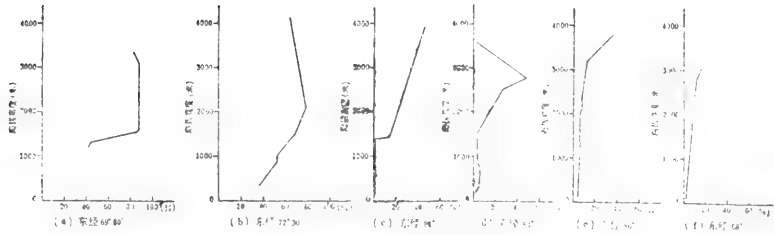


图4 (a)一(f)兴都库什山及喜马拉雅南侧诸剖面上冬半年(11—4月)降水随高度变化  
(a) 沿东经69°30' (d) 沿东经84°  
(b) 沿东经72°30' (e) 沿东经86°  
(c) 沿东经81° (f) 沿东经88°

现在1500米高度附近。值得指出的是,沿东经84°剖面上图2(c),降水随高度变化非常迅速。从海拔140米到260米,降水递增近1000毫米,递增率为757.9毫米/100米;从海拔400米至1500米,年降水量由1347.6毫米增加到5610.6毫米,递增率为387.5毫米/100米;而在海拔2800米,年降水量已不足400毫米了。

喜马拉雅山脉以西的兴都库什山区,降水随高度变化也有类似情况图3(a)、(b)。这儿也有两个或两个以上的最大降水高度,沿东经69.5°剖面上出现在海拔3000米以上和1500米附近;在东经72.5°剖面上出现在海拔4000米左右,海拔1000米和500米。自然,这儿的年降水量远不如喜马拉雅山脉南侧。

冬半年(11—4月)降水随高度的变化图4(a)—(f),无论是喜马拉雅山脉或兴都库什山均有一个共同特点,即有随高度增加的趋势,且越往西,这个特点越显著。在最西面的东经69.5°剖面上图4(a),海拔1700米以上,冬半年降水约占年降水量的90%,而在1700米以下,仅占年降水量的40%左右;在最东面的东经88°剖面上,冬半年降水占年降水量的比率也随高度递增,但变化范围仅从低海拔的4%左右递增至高海拔的15%。综观图4(a)—(f),可以看出,在东经84°以西,冬半年降水占年降水量比率随高度递增显著,海拔2000米上下可相差40%左右;而在东经84°以东,这种递增率显著减小,海拔2000米上下相差仅10—15%。

## (二) 在不同地区降水的年变化

根据上述资料处理方法,为便于讨论降水年变化是否出现双峰的问题,本文定义:当 $\eta_i \geq 0.6$ ,且分别与其前后的 $\eta_{i-1}$ 和 $\eta_{i+1}$ 之差均要大于或等于0.3时,则为一个降水峰值。

据此定义,从下列图中不难看出如下有趣现象。

就喜马拉雅山脉南侧(东经80°—88°)平均情况而言(图5),在海拔3000—4000米内,降水年变化出现双峰,峰值分别在3月和7—8月;海拔4000米以上和3000米以下降水年变化均为单峰,降水集中在6—9月。

从兴都库什山至喜马拉雅山脉南侧,自西向东各个南北向剖面上(图6、7),都存在降水年变化呈双峰的现象,但出现的高度及年降水分配情况有所不同。

在兴都库什山图(6a)、(b),海拔1800米以下,降水年变化均出现双峰,峰值在3—5月和7—8月(或10月)。值得指出的是,在此高度范围内,随着海拔高度减小,7—8月的降水峰值逐渐增大。沿东经69.5°在海拔1500米以下,沿东经72.5°在海拔1000米以下,7—8月的降水峰值远大于3—5月的峰值;而在海拔1800米以下的其他范围内,3—5月的降水峰值要比7—8月(或10月)的峰值大。

喜马拉雅山脉南侧东经80°—88°各南北向剖面图7(a)—(f)的情况与兴都库什山有所不同。降水年变化出现双峰的高度较高,在海拔2000—4000米内。海拔2000米以下的降水几乎都集中在6—9月,降水年变化呈单峰型。在喜马拉雅山脉南侧的六个剖面中图7(a)—(f),情况也有差异。沿东经81°和东经86°上,降水年变化呈双峰的海拔高度在3000—4000米;沿东经82.5°、84°和85°上,在海拔2000—3000米内出现降水年变化的双峰型。

在横断山区的三个南北向剖面图上图8(a)—(c),从降水年变化出现双峰的地理位置来看,没有发现与海拔高度有明显的关系。但从西至东的三个南北向剖面图上,却发现如下有意义的现象:沿横断山脉西侧图8(a),在北纬26°—28°之间,海拔1500—3000米的独龙江、片马和片马垭口三站,降水年变化均有双峰,分别在4月和6月;由此往东,沿怒江河谷图8(b),大约在北纬26°40′与28°之间,海拔1000—2000米的福贡、碧江、贡山三站,

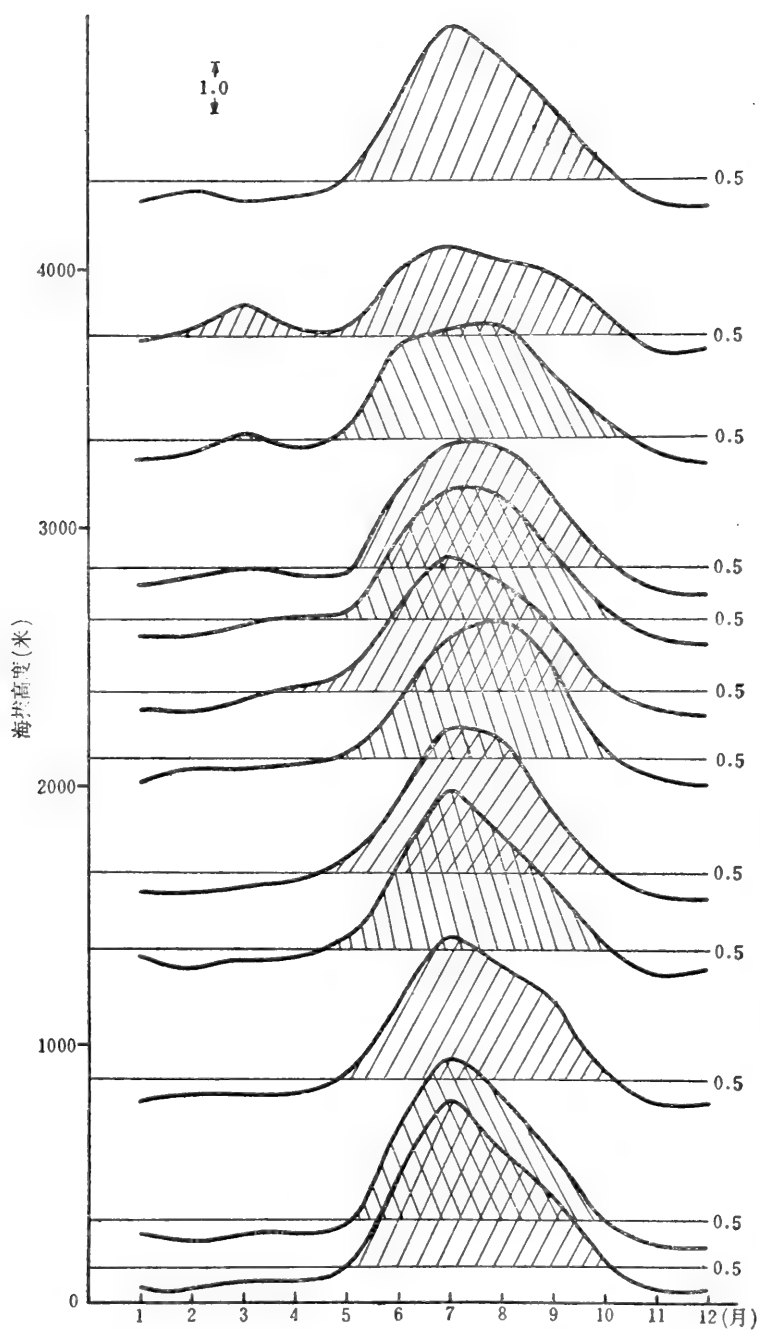


图5 喜马拉雅山脉南侧(东经81°—88°)不同高度上的降水年变化

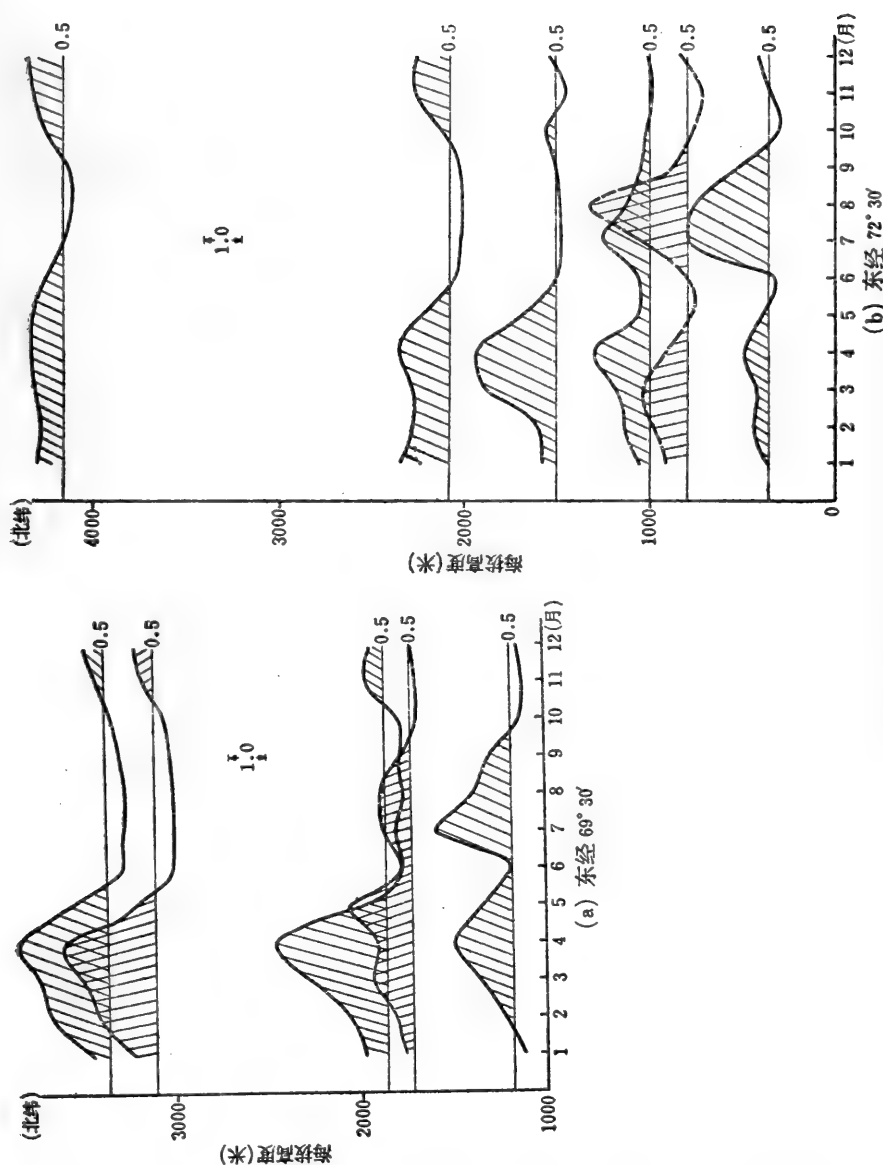


图 6 (a)、(b) 兴都库什山脉诸剖面上不同高度上的降水年变化

(a) 沿东经69°30'

(b) 沿东经72°30'

降水年变化出现双峰；再往东，在横断山脉东侧（图 8c），降水年变化出现双峰的就只有处在北纬27°13'，海拔2326米的维西了。将上述现象综合在图 9 中，很显然，由于横断山脉南北走向对水汽的阻挡作用，在冬末春初，于横断山脉西侧的北纬26°—28°内可产生较大的降水；在怒江河谷中，由于怒江的水汽通道作用，虽有高黎贡山所阻，但仍可在北纬26°30'—28°内产生降水；然而，在横断山脉东侧，由于山脉阻挡，仅有维西可在冬末春初产生降水了。上述这些地区于冬末春初产生的降水，使得它们降水年变化必然呈双峰。这正是横断山区降水年变化与喜马拉雅山脉南侧不同之处。

### (三) 自西向东降水年变化比较

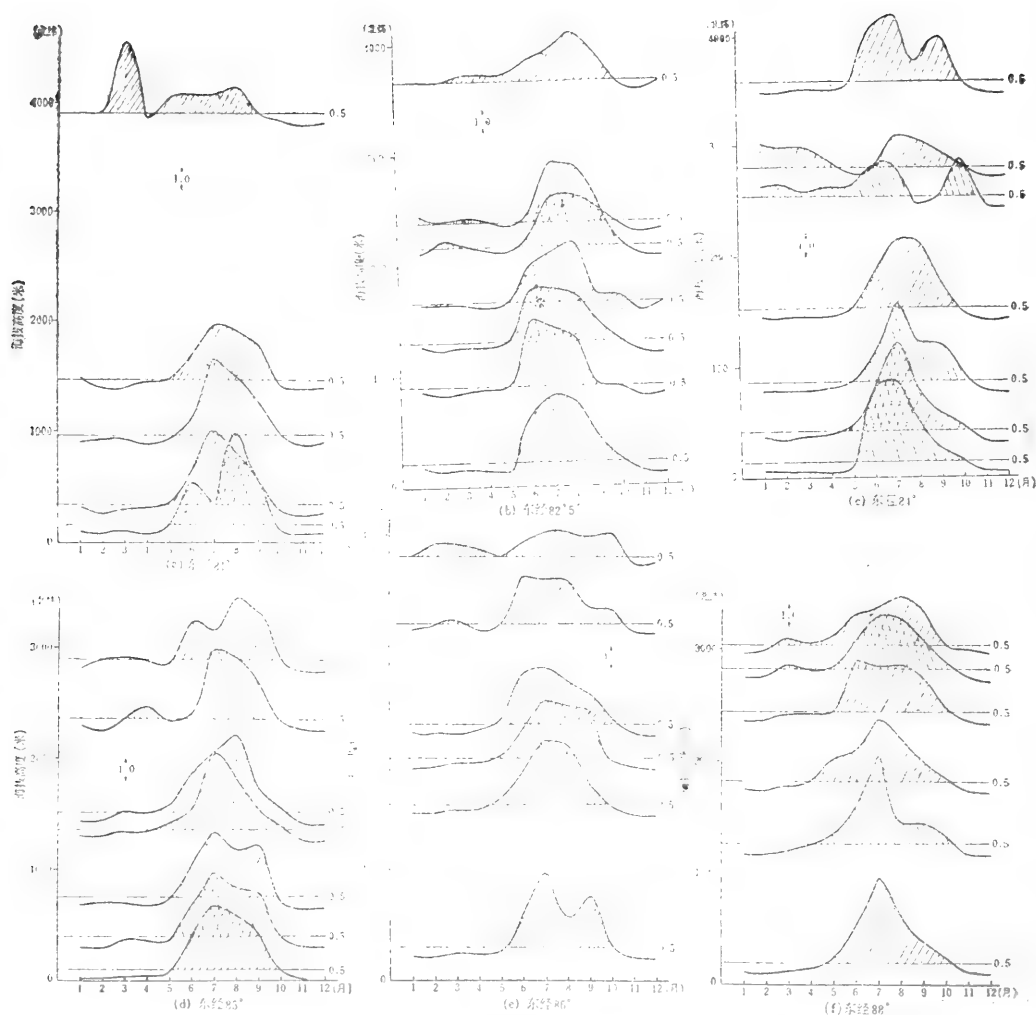


图7 (a)~(f)喜马拉雅山脉南侧诸剖面上不同高度上的降水年变化

- (a) 沿东经81°
- (b) 沿东经82°30'
- (c) 沿东经84°
- (d) 沿东经85°
- (e) 沿东经86°
- (f) 沿东经88°

为便于讨论,图10选择了东经69°—100°间的九个台站降水年变化情况,他们能分别代表兴都库什山、喜马拉雅山脉南侧及横断山区的降水年变化特征。由图10可见,在整个青藏高原南缘,即西起兴都库什山,东止横断山区,均有降水年变化呈双峰的情况,一个峰值在冬末春初的3、4月(或5月),另一个峰值在夏季的7、8月。这和青藏高原腹地的情况完全不同,那儿的降水都集中在雨季(6—9月),全年降水只有一个峰值。比较东经81°以西和以东的情况,也可看出略有不同。东经81°以西,冬末春初的降水峰值比夏季的大;而东经81°以东相反,夏季的降水峰值远比冬季春初的大。

为什么整个青藏高原南缘的降水年变化特征与高原腹地不同呢?它和地形有什么关系呢?



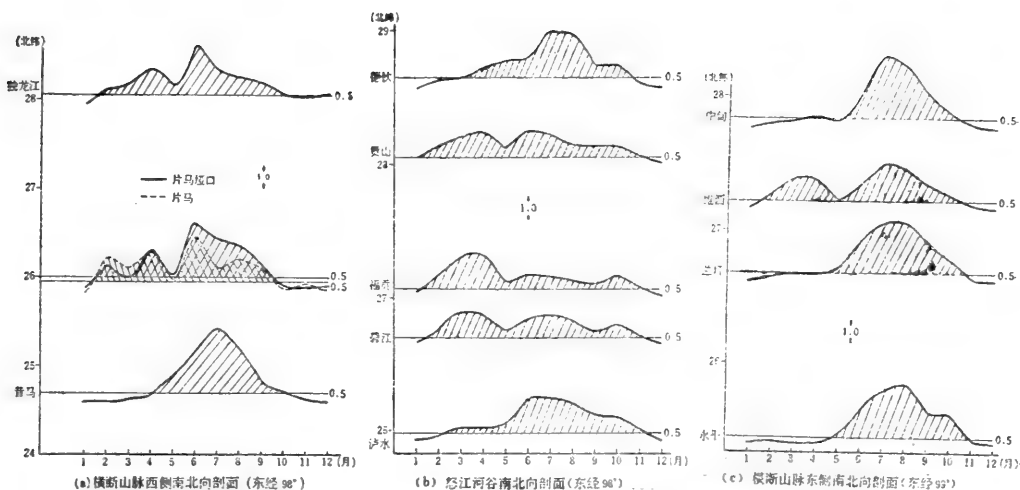


图8 (a)一(c) 横断山区诸剖面上降水年变化特征

- (a) 沿横断山脉西侧南北向剖面 (沿东经98°)
- (b) 沿怒江河谷南北向剖面 (沿东经98°)
- (c) 沿横断山脉东侧南北向剖面 (沿东经99°)

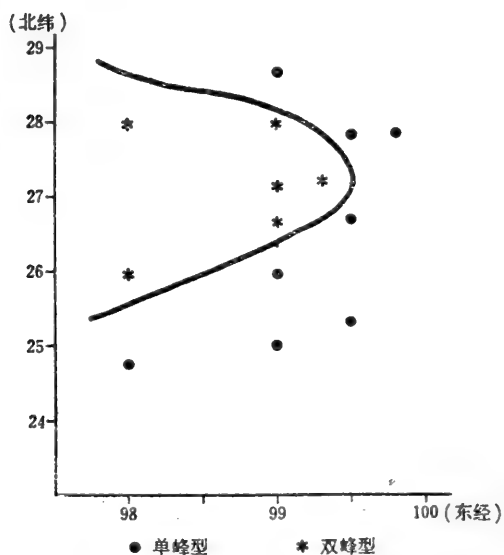


图9 横断山区降水年变化特征示意图

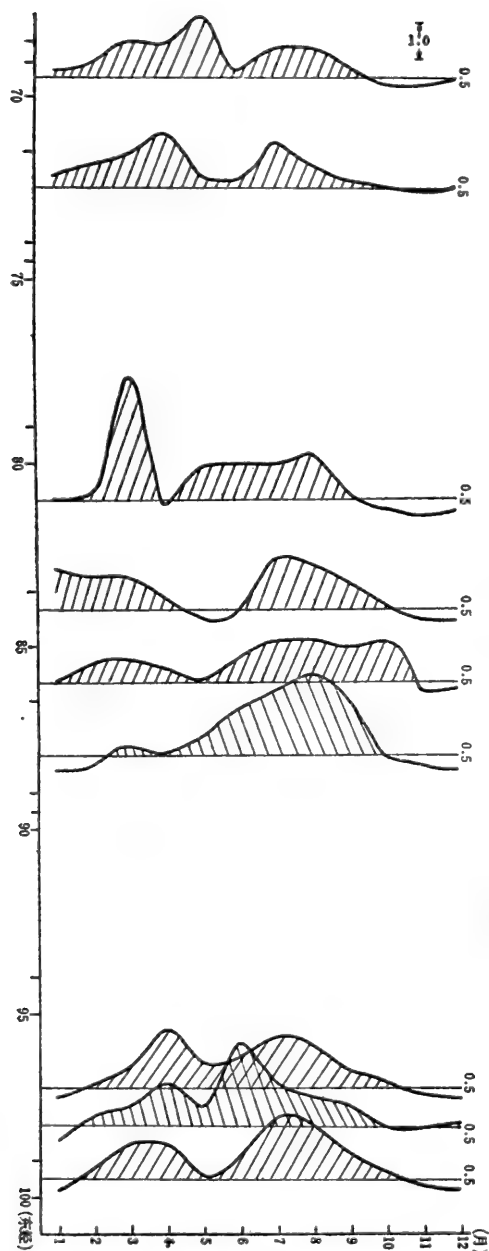


图10 青藏高原南缘(兴都库什山、喜马拉雅山脉南侧及横断山脉)降水年变化特征

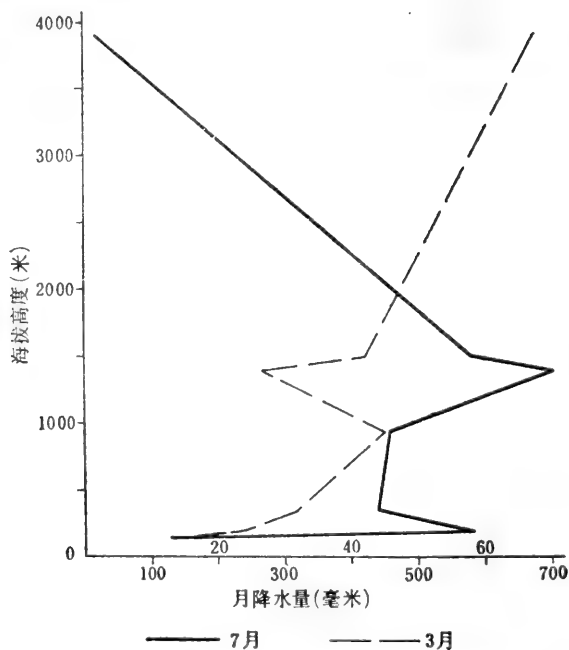


图11 喜马拉雅山脉南侧沿东经81° 3月和7月降水随高度变化

### 三、地形对降水时空分布影响的探讨

上述可见,在青藏高原南缘,无论是兴都库什山、喜马拉雅山脉南侧或横断山区,在某些高度上,降水年变化均呈双峰型,一个峰值在冬末春初,另一个峰值在夏季(图10)。从图4还可看出,冬半年降水占全年的比值因海拔高度不同而异,一般说来,喜马拉雅山脉南侧

表4 喜马拉雅山脉南侧沿东经86°三站逐日降水资料  
(1968年7月, 1975年3月11—31日①)

| 站名<br>日期 | 聂拉木     | 曲乡    | 樟木    | 聂拉木           | 曲乡   | 樟木   | 备 注                                                                                                      |
|----------|---------|-------|-------|---------------|------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | 1.1     | 16.2  | 49.8  |               |      |      | 聂拉木: 北纬28°11'<br>东经85°58', 3810米<br>曲乡: 北纬28°05',<br>东经85°59', 3200米<br>樟木: 北纬27°59',<br>东经86°01', 2300米 |
| 2        | 0.2     | 8.9   | 16.6  |               |      |      |                                                                                                          |
| 3        | 3.3     | 24.0  | 43.9  |               |      |      |                                                                                                          |
| 4        | 6.4     | 10.6  | 36.7  |               |      |      |                                                                                                          |
| 5        | 15.5    | 22.9  | 35.9  |               |      |      |                                                                                                          |
| 6        | 10.9    | 41.3  | 45.2  |               |      |      |                                                                                                          |
| 7        | 3.1     | 13.2  | 26.2  |               |      |      |                                                                                                          |
| 8        | 1.6     | 8.2   | 20.1  |               |      |      |                                                                                                          |
| 9        | 0.1     | 9.2   | 36.7  |               |      |      |                                                                                                          |
| 10       | 0.0     | 1.9   | 4.7   |               |      |      |                                                                                                          |
| 11       | 0.0     | 8.9   | 21.4  | 0.0           |      |      |                                                                                                          |
| 12       | 0.9     | 12.2  | 30.0  | 2.5           | 12.0 |      |                                                                                                          |
| 13       | 0.2     | 10.3  | 21.7  | 0.0           |      |      |                                                                                                          |
| 14       | 2.8     | 16.3  | 30.4  |               |      |      |                                                                                                          |
| 15       | 0.2     | 8.3   | 29.0  | 0.0           |      |      |                                                                                                          |
| 16       | 0.0     | 2.6   | 5.0   | 0.0           | 0.4  |      |                                                                                                          |
| 17       | 1.9     | 11.5  | 56.5  | 0.0           |      | 0.0  |                                                                                                          |
| 18       | 2.6     | 23.2  | 30.1  | 0.0           |      |      |                                                                                                          |
| 19       | 1.8     | 10.4  | 18.5  | 0.0           |      |      |                                                                                                          |
| 20       | 5.4     | 25.8  | 51.2  | 6.5           | 0.9  | 0.9  |                                                                                                          |
| 21       | 0.9     | 6.0   | 10.1  | 2.9           | 14.0 | 8.5  |                                                                                                          |
| 22       | 2.3     | 8.6   | 13.0  | 2.7           |      | 0.0  |                                                                                                          |
| 23       | 4.1     | 26.4  | 37.1  | 3.2           | 0.5  | 0.0  |                                                                                                          |
| 24       | 0.1     | 2.1   | 2.4   | 3.9           | 7.4  | 0.0  |                                                                                                          |
| 25       | 2.0     | 31.0  | 53.9  | 19.8          | 20.0 | 3.7  |                                                                                                          |
| 26       | 23.3    | 29.6  | 61.9  | 11.2          | 17.6 | 8.7  |                                                                                                          |
| 27       | 0.1     | 4.7   | 14.4  | 0.0           |      | 0.0  |                                                                                                          |
| 28       | 5.2     | 8.6   | 59.4  |               |      | 0.0  |                                                                                                          |
| 29       | 0.9     | 11.4  | 19.2  | 0.0           |      |      |                                                                                                          |
| 30       | 1.8     | 16.2  | 31.8  | 2.7           | 6.6  | 2.4  |                                                                                                          |
| 31       | 0.1     | 6.1   | 15.4  | 0.0           |      | 1.4  |                                                                                                          |
| 合 计      | 98.8    | 436.6 | 928.2 | 55.4          | 79.4 | 25.6 |                                                                                                          |
| 附 注      | 1968年7月 |       |       | 1975年3月11—31日 |      |      |                                                                                                          |

① 三站同时观测的资料仅有1968年6—9月和1975年3月11日—31日

在海拔3000米左右为最大，兴都库什山在2000—3000米高度上最大。

受资料所限，本文着重讨论喜马拉雅山脉南侧的情况。

为更清楚起见，这里给出喜马拉雅山脉南侧沿东经86°附近我国境内三个海拔高度不同台站1968年7月和1975年3月(11—31日)的逐日降水量(表4)可以看出，7月，不仅月降水量以海拔2300米的樟木为最大(928.2毫米)，海拔3810米的聂拉木最小(98.8毫米)，且逐日降水量均是樟木最大，聂拉木最小。3月，以海拔3200米的曲乡降水量最大(79.4毫米)，聂拉木次之(55.4毫米)，樟木最小(25.6毫米)。但有时降水在聂拉木最大(如3月20、22、23日)。总之，3月，降水在海拔3000米至4000米比2000米附近大；7月相反，降水最大高度在2000米附近。

一般说来，山坡上降水最大高度的变化，其原因较复杂，除了与大气条件有关外，还与地形、下垫面状况等均有联系，但就平均状况来看，用云的凝结高度的变化来间接讨论降水最大高度的变化还是有一定意义的。本文选取喜马拉雅山脉南侧印度境内的阿拉哈巴德(Allahabad)(北纬25°27′，东经81°44′，98米)探空站，应用其1976—1980年五年平均的地面温湿资料，求得多年平均的1—12月T-T<sub>d</sub>值和地面至700毫巴间的平均垂直温度递减率(Γ<sub>a</sub>)值，再根据云的凝结高度公式 $\Delta H = T - T_d / \Gamma_a$ ，求得1—12月逐月的平均ΔH值(表5)。

表5 阿拉哈巴德逐月云的凝结高度

| 项目 \ 月                  | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| T-T <sub>d</sub> (℃)    | 6.0  | 8.5  | 14.4 | 19.7 | 19.1 | 11.4 | 4.9  | 4.2  | 3.4  | 7.9  | 8.2  | 7.5  |
| Γ <sub>a</sub> (℃/100米) | 0.34 | 0.35 | 0.42 | 0.63 | 0.60 | 0.39 | 0.46 | 0.53 | 0.65 | 0.59 | 0.45 | 0.33 |
| ΔH(米)                   | 1765 | 2429 | 3429 | 3127 | 3183 | 2923 | 1065 | 792  | 523  | 1339 | 1822 | 2273 |

由表5可见，2—6月，云的凝结高度在2000米以上。其中，3—5月在3000—3500米，而在7—11月的凝结高度在1000米左右。显然，冬末春初降水的高度相应也应比夏季的降水高度要高得多。有意思的是，3月的凝结高度在3429米，正好在聂拉木与曲乡的海拔高度之间；7月的凝结高度接近1100米，在樟木的海拔高度之下。因为阿拉哈巴德位于东经81°附近，我们与沿东经81°南北向剖面上3月和7月降水随高度变化曲线(图11)比较，很明显，3月的降水最大高度在海拔3900米，相应的凝结高度在3429米；7月的最大降水高度在海拔1400米附近，相应的凝结高度在1065米。

上述表明，在喜马拉雅山脉南侧，山地对于降水时空分布的影响，首先是与这种地形分布带来的大气状态有关。冬末春初，这种大气状态引起云的凝结高度高，相应的降水最大高度出现在较高海拔；夏季，云的凝结高度低，相应的降水最大高度发生在较低海拔。

#### 四、天气系统对降水时空分布的影响

从图12清楚可见，喜马拉雅山脉南侧及横断山区的降水年变化特征，除了表现在3、4月和7、8月的两个峰值外，有的地方还在10月(或9月)再出现第三个峰值，个别地方10

月的降水峰值甚至为全年的最大值（如沿东经84°和86°）。研究表明<sup>(1)</sup>，该区9—10月的降水峰值主要是孟加拉湾风暴引起的。1968年10月3—5日一次特大的孟加拉湾风暴在喜马拉雅山脉南侧聂拉木、曲乡和樟木一带形成特大暴雨。这三站三天的降水量分别为195.0毫米（聂拉木）、159.4毫米（曲乡）和122.1毫米。以聂拉木而言，仅此三天的降水量就占他年降水量的三分之一左右，该年10月的降水量自然在年变化曲线上形成峰值。

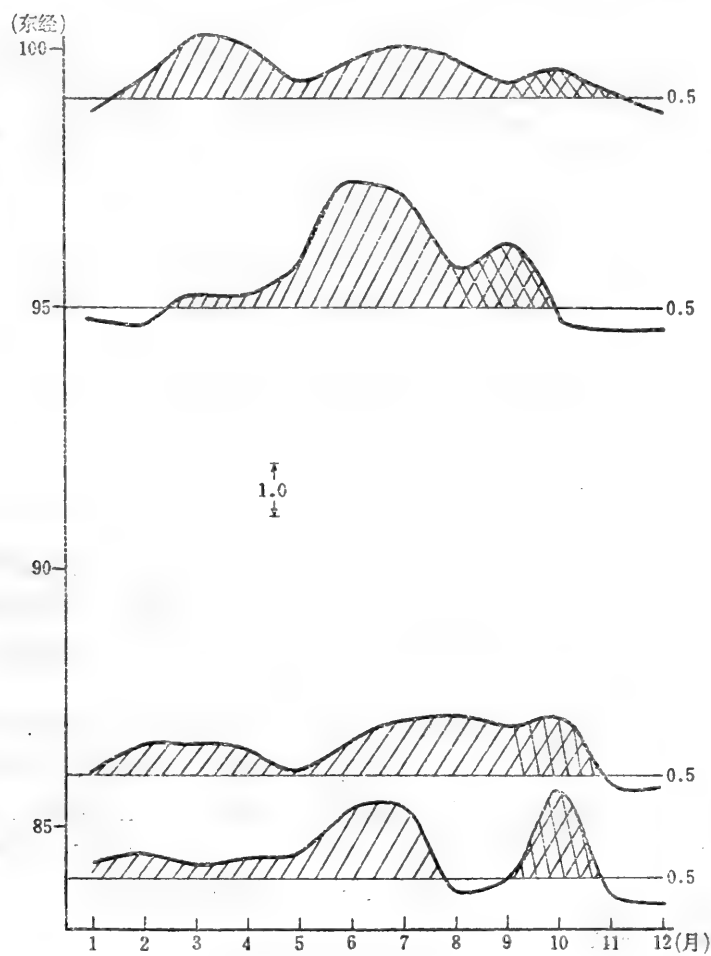


图12 喜马拉雅山脉南侧及横断山区降水年变化

一般说来<sup>(8)</sup>，春季（3—5月），正是南支西风槽在喜马拉雅山脉南侧活动频繁的季节。1975年3月24—26日，一次南支西风槽经过喜马拉雅山脉南侧图13（a）、（b），在聂拉木、曲乡二站形成大的降水，24—26日，聂拉木降水34.9毫米，曲乡45.0毫米，樟木只有12.4毫米（表4），降水最大高度在海拔3200米的曲乡。计算3月24—26日喜马拉雅山脉南侧（沿东经81°—85°）云的凝结高度，平均为海拔3000—3500米，这与降水最大高度（3200米）是一致的。

可见，喜马拉雅山脉南侧降水年变化曲线上在冬末春初的峰值与南支西风槽在该区的频繁活动有关，9—10月的另一峰值则与孟加拉湾风暴有联系。

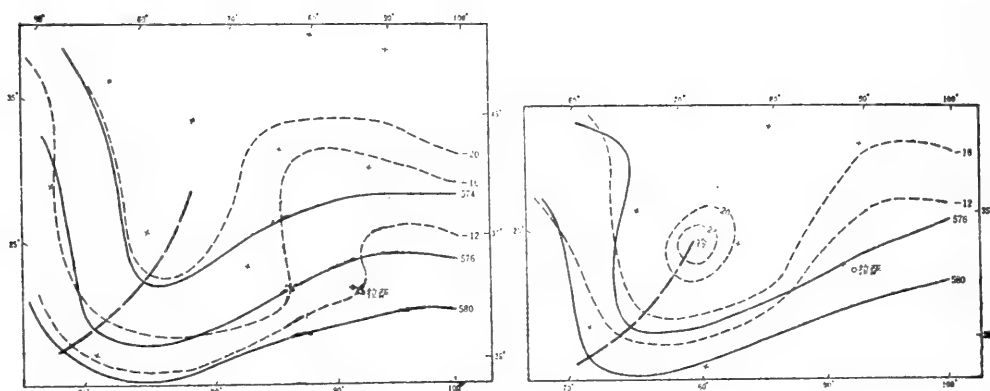


图13 (a)一(b)500毫巴天气形势图

(a) 1975年3月24日08时

(b) 1975年3月25日08时

## 五、结 论

1. 青藏高原南缘, 无论是兴都库什山或喜马拉雅山脉南侧, 均存在两个或两个以上的最大降水高度。兴都库什山的第一最大降水高度在海拔1000米附近, 第二最大降水高度约在海拔3000—4000米间; 喜马拉雅山脉南侧的三个最大降水高度分别在海拔900米、2000米和3300米左右。

2. 青藏高原南缘, 冬末春初的降水最大高度在3000米左右, 夏季降水最大高度比冬末春初低, 一般在海拔1000—2000米。这首先是与当时的大气状态决定云的凝结高度有关。

3. 青藏高原南缘, 西起兴都库什山, 东止横断山脉, 在一定海拔高度(或纬度)范围内, 降水年变化都呈两个(或三个)峰值。一个在3、4月, 一个在7、8月; 有些地方还有第三个峰值(9—10月)。3、4月的降水峰值与南支西风槽密切相关; 9、10月的降水峰值与孟加拉湾风暴有联系。

## 参 考 文 献

- (1) 高登义、吕位秀, 1975, 青藏高原对大气环流和天气系统的初步探讨, 珠穆朗玛峰地区科学考察报告, 气象与太阳辐射, 科学出版社。
- (2) H. Flohn, Zum Klima und Wasserhaushalt des Hindukuschs and der Benachbarten Hochgebirge, Erdkunde, 23, 205—210.
- (3) 王文俊、陈琴德, 1965, 天山乌鲁木齐河与水文研究, 科学出版社。
- (4) 施雅风、谢自楚, 1964, 中国现代冰川的基本特征, 地理学报, 30 (3)。
- (5) 沈志宝, 1975, 珠穆朗玛峰北坡降水随高度分布, 珠穆朗玛峰地区科学考察报告, 气象与太阳辐射, 科学出版社。
- (6) 高登义, 1980, 珠穆朗玛峰北坡气象要素垂直分布特征, 气象与环境, 科学出版社。
- (7) 么枕生, 1959, 气象学原理, 科学出版社。
- (8) 叶笃正、高由禧等, 1979, 青藏高原气象学, 科学出版社。

**THE EFFECTS OF THE HIMALAYS AND HENGDUAN MOUNTAINS  
ON THE TIME-SPACE DISTRIBUTION OF PRECIPITATION**

Deng-yi Gao                      Jing-zheng Yan

Institute of Atmospheric Physics, Academia

Sinica, Beijing

Abstract

It is found from long term precipitation data of about 100 meteorological stations on the southern periphery of the Qinghai-Xizang Plateau that there are two or three maximum precipitation belts. The first maximum belt of precipitation is in late winter and early spring which is about 1000—2000m. Higher than that in summer. There are two or three peaks for annual precipitation variation within certain altitudes and latitudes. These above mentioned characteristics are connected with the special topography on the southern periphery of the Qinghai-Xizang Plateau and the effects of some weather systems.

## 24. 横断山地区北段湖泊的成因类型及其分布规律的初步研究<sup>①</sup>

杨留法 伍贻范 陈义华

(中国科学院南京地理研究所)

横断山地区北段位于四川省西部的甘孜州和西藏自治区东部的昌都地区，界于东经 $93^{\circ}48'$ — $101^{\circ}57'$ 、北纬 $26^{\circ}01'$ — $34^{\circ}21'$ 之间，面积约25万平方公里。1982年5—8月，中国科学院青藏高原综合科学考察队湖泊资源综考组，先后对凉山州的马湖和邛海、甘孜州的新路海、措尼巴和南、北兴伊措、昌都地区的然乌湖、安贡错和莽错进行了地质、地貌、沉积、水文、气象、水化学和水生生物多学科考察，同时测量了水深和湖盆的形态，取得了较丰富的第一手资料。笔者通过实地考察和参考前人资料，对横断山地区北段湖泊的成因类型及其分布规律进行初步探讨，现将分析资料初步整理成文，供有关同志参考。

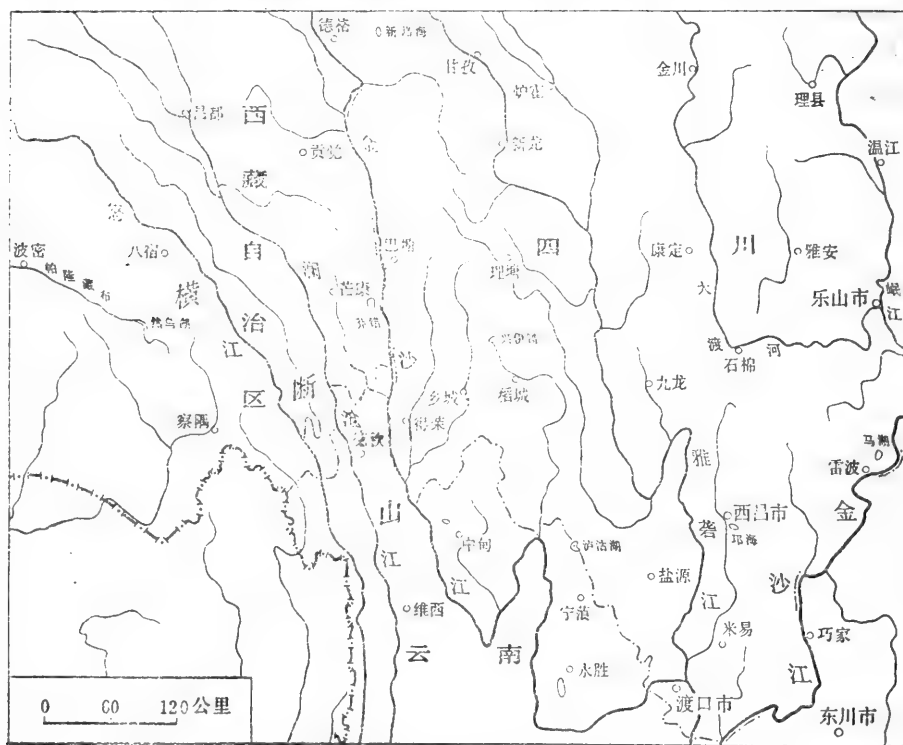


图1 横断山地区北段湖泊水系分布示意图

### 一、横断山地区北段的自然地理概况

川西甘孜地区和藏东昌都地区，在大地构造上，属于青藏地槽东南部的横断山褶断带。

<sup>①</sup> 参加野外考察的还有高礼存、庄大栋、季江、潘红玺同志，照片由高礼存同志摄影、李芸同志放大，插图系吕红妹同志清绘，特此致谢



它经受了历次地壳运动的影响，其中特别受到印支运动、燕山运动和喜马拉雅运动的强烈影响，形成了一系列复背斜和复向斜构造。在复背斜和复向斜构造的交接处，形成了许多规模巨大的活动性断裂带，为以后断陷湖泊的形成奠定了地质基础。

在全国地貌分区上，川西藏东地区属青南-藏东川西山原区。大致以道孚、炉霍、甘孜、邓柯、昌都、邦达一线为界，该线以北为川西北藏东丘状高原区；以南为川西藏东南山原峡谷区。

川西北藏东丘状高原，地势高亢，海拔在4500—4700米以上，西北高、东南低，由西北向东南倾斜。高原面起伏平缓，由宽浅的谷地和浑圆的低丘所组成，岭谷相对高差仅300—400米，谷坡和缓，风化层较深；河谷宽阔，谷底堆积物较厚；河道弯曲，水流散漫，牛轭湖和废弃河道广泛分布；河漫滩宽广，在河漫滩以上通常发育有两级堆积阶地，呈准平原地貌形态，它是由老第三纪古剥夷面抬升而成。

川西藏东南山原峡谷属横断山区北段。因受南北向断裂构造控制，河流与山脉东西排列，南北纵贯。从东到西，主要的水系和山脉有：大渡河、贡嘎山、雅砻江、沙鲁里山、金沙江、芒康山、澜沧江、怒山、怒江、伯舒拉岭。山川并列，岭谷相间，形成了举世闻名的山原峡谷地貌。

山原面海拔大致为4000—4500米，以沙鲁里山保存较完整，地面起伏平缓，花岗岩巨砾和岩块遍地满布。在理塘与稻城之间和理塘与新龙之间的山原面上，星罗棋布地分布着数以百计的小湖泊，它是第四纪更新世中、晚期局部古冰盖冰川作用的遗迹。其它地区山原面都已受到水系的强烈分割，保存面积较小，山坡陡峭，河谷深邃，形成了所谓的“山原”地貌，即山上有原之意。

在广阔的山原面上还点缀着一些6000米以上的高山，如本区东部的贡嘎山（7556米）、西北部的雀儿山（6168米）、西部的格聂山（6240米）等，这些山岭可能原来就是古夷平面上的蚀余山，在新第三纪以来新构造运动强烈抬升过程中，其上升的幅度较整个高原更大。目前，这些高山雄居于山原面之上，山峰耸入云霄，山顶白雪皑皑，现代冰川发育。

本区气候主要属高原温带和寒温带湿润、半湿润西南季风气候。冬半年主要受干冷的蒙古高压控制；夏半年盛行暖湿的西南季风。年平均气温一般在 $0^{\circ}$ — $14^{\circ}\text{C}$ ，年平均降水量通常在500—1100毫米。大部分地区冬长而冷，基本无夏，日照充足，降水集中，干湿季交替明显。由于地形高差悬殊，气候垂直变化显著，垂直地带性明显，为多种外营力湖泊的形成造成了有利的自然条件。

在这雄伟辽阔的山原峡谷区，分布着为数众多的中小型湖泊。据我们初步统计<sup>①</sup>，本区共有大小湖泊3302个，其中小于0.5平方公里的湖泊达3218个；0.5—1.0平方公里的湖泊有53个；1—5平方公里的湖泊有23个；5—10平方公里有3个；10—20平方公里有1个；20—30平方公里有2个；30—40平方公里有1个；40—50平方公里有1个。湖泊总面积共计264平方公里，湖泊率（湖泊面积占总面积的百分数）为0.1%，仅为江苏省湖泊率的1/60。

## 二、横断山地区北段湖泊的成因类型

川西藏东地区地势辽阔高亢，新构造运动强烈，断裂构造发育，河流切割深邃，地形高

<sup>①</sup> 范云崎同志据中国人民解放军总参谋部测绘局1975年前后出版的1:10万地形图量算，笔者进行统计

差悬殊,气候垂直变化显著,具有各种不同的自然景观,为多种内外营力湖泊的形成造成了有利的自然因素。据我们初步研究,本区湖泊的成因类型主要有断陷湖、冰川湖和堰塞湖三大类,在各大类中又可区分出若干亚类。

### (一) 断陷湖 又可分为断陷湖和断陷堰塞湖。

1. 断陷湖 由地壳断裂陷落而成。其湖盆形态特征是面积较大,呈狭长形或多边形,断层岸较平直,山体直抵湖边,断层崖或断层三角面明显,断层岸湖底坡度较大,湖水较深。例如云南省宁蒗县和四川省盐源县的泸沽湖,处于盐源—永宁断裂带和宁蒗—宾川断裂带的交汇地带,湖盆四周断层三角面和古冰川U形谷发育,可见该湖形成较晚,系第四纪古冰川作用后地壳断裂陷落而成,其形成时代可能为全新世,(图版20照片1)。四川省西昌县的邛海,位于则木河断裂带上,湖盆东、西两侧都存在着断裂构造,系更新世初期地壳断裂陷落而成的地堑型断陷湖。此外,还有西藏自治区芒康县的莽错等。

2. 断陷堰塞湖 湖盆主要由地壳断裂陷落而成,但后期的堰塞作用才使盆地积水成湖。其湖盆形态呈长条形,其下端具有明显的堰塞坝,其他特征类似断陷湖。例如四川省雷波县的马湖,位于黄琅背斜的东南翼,在黄琅至马湖乡一线,地震活动频繁而强烈,可能存在一条NE—SW向的走向断层。沿着断裂构造的破碎带和三叠纪飞仙关砂岩的软弱带,发育了一条古黄琅河。全新世以来,由于强烈的地震陷落作用和地震崩塌作用,使谷底进一步加深,同时堵塞古黄琅河狭窄的玄武岩峡谷,形成高大的玄武岩块石坝,才断陷堰塞而成今日之马湖,(图版20照片2)。

(二) 冰川湖 由冰川的挖蚀作用和冰碛物的堵塞作用所形成。他又可分为冰碛湖、冰蚀湖和古冰盖残留湖群。

1 冰碛湖 由山麓冰川的终碛垅堵塞冰川槽谷而成。其湖盆形态呈狭长形,面积小,水深大,湖岸陡直,湖底坡度较大,下端有明显的终碛垅,上源常有现代冰雪融水补给。例如,四川省德格县雀儿山东麓的新路海,是我国著名的冰碛湖,系全新世(或晚更新世)小冰期雀儿山山麓冰川的终碛垅堵塞查音达冰川槽谷而成的冰碛湖,(图版20照片3)。此外,还有四川省义敦县的措尼巴、西藏自治区丁青县的布冲错和布托错穷等。

2. 冰蚀湖 由冰斗冰川和山谷冰川挖蚀作用所形成。它可分为冰斗湖和串珠状冰蚀湖。

(1) 冰斗湖 分布在雪线附近,由冰斗冰川挖蚀而成。其湖盆形态呈圆形或椭圆形,面积很小,水深较大,无进水口,但具明显的出水口,往往成为支流的源头湖。例如四川省德格县雀儿山南麓的日母冬措、巴塘县东北部的吼纳、乡城县东南部的央则朗措和措也措让等。

(2) 串珠状冰蚀湖 分布在软硬地层相间或构造破碎地带,由山谷冰川差异挖蚀作用所形成。其湖盆形态呈串珠状,面积小,具有明显的进出水口,成为过水河道型的湖泊。例如德格县东部的错龙和乡城县东部的日朗拥措等。

3. 古冰盖残留湖群 在四川省理塘与稻城之间和理塘与新龙之间的山原面上,第四纪中、晚更新世时曾被局部小冰盖覆盖过,在古冰盖冰川漫流过程中,使山原面上形成一系列垅岗和凹凸不平的条形洼道,洼道中星罗棋布地散布着成群的碟形小湖泊,当地群众称谓“海子”。其形态特征是面积小,数量多,密度大,水深小,呈不规则的多边形,有的单独孤立,有的有溪流互相串联,多为内陆封闭湖泊。据统计<sup>①</sup>,理塘与稻城之间的山原面上有

<sup>①</sup> 四川省农业区划办公室、四川省地貌区划研究组,1982,四川省地貌区划(内部)

表 1 横断山地区北段湖泊的成因类型及其湖盆形态特征表

| 成因类型  | 典型湖泊   | 所在地区             | 面积<br>(平方公里) | 海拔<br>(米) | 湖盆形态特征                        | 形成过程                          | 分布规律          |
|-------|--------|------------------|--------------|-----------|-------------------------------|-------------------------------|---------------|
| 断陷湖   | 平海     | 川西南西昌县           | 31           | 1510      | 长8.5公里, 宽1.5—5.3公里, 最大水深18米左右 | 东西岸都有断裂存在, 为地堑式地壳断裂陷落而成       | 西昌盆地中         |
|       | 泸沽湖    | 川西南盐源县<br>滇西北宁蒗县 | 48.45        | 2690      | 长9.4公里, 平均宽5.2公里, 最大水深93.56米  | 西北、西南、东南都有断裂存在, 为地壳不等量断裂陷落而成  | 山间盆地中         |
|       | 纳错     | 藏东南芒康县           | 18.14        | 4334      | 长4.5公里, 宽4公里, 最大水深20米左右       | 东西岸都存在断裂, 为地堑式地壳断裂陷落而成        | 高原断陷盆地中       |
|       | 马湖     | 川西南雷波县           | 7            | 1160      | 长5.5公里, 宽1—2.5公里, 最大水深134米    | 由地震断陷和地震崩塌物堵塞而成               | 黄琅河谷上游        |
| 冰川湖   | 冰斗湖    | 川西德格县            | 0.05         | 4830      | 呈圆形                           | 冰斗冰川挖掘而成                      | 古雪线附近         |
|       | 串珠状冰蚀湖 | 川西德格县            | 0.3          | 4670      | 由三个小湖组成, 呈串珠状                 | 山谷冰川差异挖掘而成                    | 软硬地层相间或构造破碎地带 |
|       | 新路海    | 川西德格县            | 2.5          | 4020      | 长3公里, 平均宽0.77公里, 最大水深66米左右    | 由两条终碛堵塞冰川槽谷而成                 | 古冰川槽谷中        |
|       | 布冲错    | 藏东丁青县            | 9.1          | 4655      | 长6.3公里, 宽1.6公里                | 由两条终碛和四条侧碛围堵而成                | 古冰川槽谷中        |
| 古冰盖湖群 | 布托错    | 藏东丁青县            | 6.5          | 4600      | 长4.4公里, 最宽3公里                 | 由冰川终碛堵塞冰川槽谷而成                 | 古冰川槽谷中        |
|       | 北兴伊错   | 川西稻城县            | 3.13         | 4430      | 长2.6公里, 平均宽1.2公里, 最大水深14米左右   | 局部古冰盖冰川挖掘而成                   | 沙鲁里山高原面上      |
|       | 然乌错    | 藏东南八宿县           | 20.87        | 3800      | 长22公里, 宽1—2公里, 最大水深18米左右      | 1773年由左岸支冰川终碛壅塞和右岸山崩塌积物共同堵塞而成 | 帕隆藏布上游河谷      |
|       | 易贡错    | 藏东南波密县           | 23           | 2150      | 长16公里, 宽2公里, 最大水深25米          | 1900年左岸章龙弄巴爆发特大冰川泥石流堵塞而成      | 易贡藏布下游河谷      |

400多个“海子”，理塘与新龙之间的山原面上有200多个“海子”，大的“海子”面积可达5平方分里，小的仅十余平方公尺。较大的“海子”有南、北兴伊错、措然津、赞多措那玛等，(图版20照片4)。

(三) **堰塞湖** 由山崩、滑坡、泥石流和终碛垅等堵塞河谷而成。其湖盆形态特征是多呈长条形，面积较小，水较浅，成湖较新，上有进水口，下有明显的堰塞坝。例如西藏自治区八宿县的然乌湖，位于帕隆藏布上游古冰川槽谷中，1773年由左岸支冰川终碛垅和右岸山崩塌积物共同堵塞帕隆藏布河谷而成，(图版20照片5)。波密县的易贡错，位于帕隆藏布支流易贡藏布下游古冰川槽谷中，由于右岸背龙弄巴的冰川终碛垅向北凸出以及1900年左岸章龙弄巴的特大冰川泥石流扇冲出堵塞而成。此外，还有波密县的古乡错和察隅县的八嘎错等。

各类主要湖泊的湖盆形态特征，见表1。

### 三、横断山地区北段各类湖泊的分布规律

上述各类湖泊具有一定的地域分布规律。

断陷湖系地壳断裂陷落作用所形成，其分布与断裂构造密切相关，它都分布在断裂带上，尤其分布在断裂构造的交汇地带。断裂构造是个非地带性因素，因此，断陷湖也无地带性分布的特点，它既可以分布在海拔较低的宽谷盆地内，例如马湖（海拔1160米）、邛海（海拔1510米）、泸沽湖（海拔2690米），也可以分布在海拔很高的高原面上，例如莽错（海拔4334米）。

冰川湖系冰川活动的产物，具有明显的地带性分布规律。它主要分布在高纬度地区或低纬度地区的高山和高原上。本区纬度较低，因此，它分布的海拔较高，通常分布在古冰盖作用过的山原面上和古冰川发育过的高山及其坡麓地带。例如沙鲁里山山原面上分布的数百个小海子、雀儿山东麓的新路海、东南麓的日母冬错和乡城东部的日朗拥措等，都是由第四纪古冰盖和古冰川挖蚀作用和冰碛物堵塞作用而形成的冰川湖。

堰塞湖是由山崩、滑坡、泥石流和终碛垅等堵塞河谷而成。由于坡面物质的运动深受气候和地形条件的控制，因此堰塞湖主要分布在河流深切、坡面陡峭、雨量集中、块体运动活跃的山原边缘的外流山区。例如藏东南的然乌错、易贡错、古乡错和八嘎错等，都是由山崩、泥石流和终碛垅等物质堵塞河谷而成的堰塞湖。

### 四、横断山地区北段主要湖泊开发利用的方式

川西藏东地区主要湖泊处于不同的自然地带，具有各种不同的湖泊环境条件，应因湖制宜地采取不同的开发利用方式。

**邛海** 为四川省第一大湖，位于西昌盆地东南部，系第四纪更新世初期地壳断陷而成的地堑型断陷湖。湖面积31平方公里，湖面海拔1510米，实测最大水深18米左右。湖区属亚热带季风气候，气候温和，雨量充沛。湖水主要靠湖面降水和北部东、西诸河来水补给，西北部有一海河，与安宁河相通，是湖水外泄的唯一通道。据实测<sup>①</sup>，湖水pH值8.1，矿化度224.71毫克/升，总硬度6.73毫克当量/升，为较硬的弱碱性淡水。阴阳离子中，重碳酸根、钙、镁

<sup>①</sup> 胡文英同志提供水化学分析数据，值此致谢

含量较高,属重碳酸盐钙组Ⅲ型水。生物营养盐类含量较高,水质较肥,浮游生物、水生植物和底栖动物较丰富,适合经济鱼类的生长和繁殖,应重点发展渔业生产。因湖水中浮游植物丰富,故多放养一些白鲢。该湖又靠近西昌城,交通十分方便,生产的鲜鱼能及时地供应市场的需要。

**马湖** 为四川省第三大湖,位于雷波县东北部黄琅谷地的南端,系第四纪全新世地震陷落和地震崩塌而形成的断陷堰塞湖。湖面海拔1160米,湖水面积约7平方公里,平均水深65.7米,最大水深134米,蓄水量4亿多立方米。湖区属亚热带季风气候,气候温和,雨量充沛,年降水量约1200毫米。湖水靠湖面降水,南部海脑坝二小河来水以及周围地下水补给,东北岸玄武岩块石坝东侧筑有马湖引水渠和节制闸,人为控制着马湖湖水。湖水pH值7.62,矿化度75.31毫克/升,总硬度0.81毫克当量/升,为弱矿化的中性水。水色较清,水质较瘦,并有温跃层和无氧区存在;湖内水草和底栖生物稀少,湖水中浮游生物较少,且集中上层;湖底起伏不平,鱼类捕捞困难;湖泊远离城市,四面环山,交通十分困难,因此该湖不宜重点发展渔业生产。下游黄琅谷地较宽阔,耕地面积较大;同时外围河流切割强烈,地形高差悬殊,应引马湖水发展下游耕地的自流灌溉,同时利用水头差发展小水电业。但根据马湖每年的可调容量,应适当地扩大灌溉面积和发展水电业。

**莽错** 位于芒康县东南部沙鲁里山高原面上,系第四纪地壳断裂陷落而成的构造湖。湖面海拔4334米,湖水面积18.14平方公里,实测最大水深20米左右。湖区气候寒冷,降水稀少。湖水主要靠西北部撤用龙门巴曲来水和湖面降水补给,北部有一出水口,湖水经错龙门曲流入金沙江支流喜曲。湖水pH值7.6,矿化度144毫克/升,总硬度1.6毫克当量/升,为一中性淡水。湖水中阴阳离子以重碳酸根和钙为主,属重碳酸盐类钙型水。生物营养元素含量较高,水质较肥,水生植物和浮游生物较丰富,但由于水温很低,湖中只有一种裸裂尻鱼,不适宜多种经济鱼类的生长和繁殖。东南部勒曲谷地中的低岭地区,海拔较低,耕地较多。勒曲两侧支流切割强烈,支流溯源侵蚀迅速,曲宗龙等支流源头已接近莽错东南湖边。昌都地区已在湖盆东南部开凿了隧洞和明渠,引莽错湖水下山,自流灌溉低岭地区。由于莽错年来水量不大,故必须根据莽错每年的可调容量,适当地扩大灌溉面积。

**然乌错** 位于八宿县南部帕隆藏布上游谷地中,系1773年左岸支冰川终碛垅和右岸山崩塌积物共同堵塞帕隆藏布河谷而成的堰塞湖。湖面海拔3800米,湖水面积20.87平方公里,实测最大水深18米左右。湖区气候寒冷,降水较少。湖水主要靠上方来古冰川的冰雪融水以及北部然弄巴和东北部真弄巴来水补给,下方堰塞坝南侧有一出水口,湖水流向帕隆藏布下游。湖水pH值6.7,矿化度320毫克/升,总硬度2.8毫克当量/升,为微酸性的弱矿化水。水温低,水质较瘦,水生动植物较贫乏,只有裂腹鱼和条鳅等鱼类,不适宜多种经济鱼类的生长和繁殖。湖体周围高山环绕,河流切割强烈,下游邻近地区缺乏宽谷与平坝,无法引水灌溉。湖泊出口处河床纵比降很大,水面落差达55米,具有丰富的水力资源,倘若建筑水电站,则可提供廉价的水电资源。

## 参 考 文 献

- (1) 张荣祖、郑度、杨勤业,1982,西藏自然地理,科学出版社,64—69。
- (2) 陈志明,1981,青藏高原湖泊的成因。海洋与湖沼12(2):178—187。
- (3) 西南师范学院,1982,西南师范学院学报(自然科学版)编辑部,16—36、56—103。
- (4) 四川省农业区划办公室、四川省地貌区划研究组,1982,四川省地貌区划,四川人民出版社,1—8,39—47,55—66。

- 1 断陷湖
- 2 断陷堰塞湖
- 3 冰碛湖
- 4 古冰盖残留湖
- 5 堰塞湖

**A PRELIMINARY STUDY ON THE GENETIC TYPES AND  
DISTRIBUTION PATTERNS OF LAKES OF NORTH HENG  
DUAN MOUNTAINS**

Yang Liufa    Wu Yifan    Chen Yihua  
Nanjing Institute of Geography, Academia Sinica

**Abstract**

The genetic types and distribution patterns of lakes, of north Heng Duan Mountain are discussed.

There are three genetic types of the lakes—faulting lakes, glacial lakes and barrier lakes, while each may be further divided into several subtypes.

Lakes of different genetic types follow different regional distribution patterns. Faulting lakes are concentrated on the faulting zone, especially on their juncture; glacial lakes are distributed on the plateau covered by palaeo-ice sheet and over the high mountains and their piedmont which were both affected by palaeoglacialtion; barrier lakes are in the out-flowing mountain land at the periphery of the plateau in which fault block was once very active.

Lakes located in different physical zones have different environmental conditions which should determine the measures to exploit and utilize local resources. Aquatic breeding should be stressed for Qiong Hai Lake. Expansion the acreage under irrigation and development of hydroauric generation should be planned for in Ma Hu Lake and Mang Cuo Lake, while hydroelectric power stations can be built in Ran Hu Lake.

## 25. 程海的水文状况及水量平衡<sup>①</sup>

季 江 范云崎

(中国科学院南京地理研究所)

程海又名黑伍海,是横断山区最大的一个内流高山湖泊。地理位置介于东经  $100^{\circ}38'$ — $100^{\circ}41'$ ,北纬  $26^{\circ}27'$ — $26^{\circ}38'$ 之间,属云南省西北部的永胜县所辖。

### 一、水系及流域概况

程海原属金沙江水系,湖水通过湖泊南侧的海口河汇入金沙江。十七世纪末,由于气候日趋干燥,湖水水位不断下降,湖水不再外泄,程海便逐渐演变成现在的封闭湖泊。

程海南北长 19.35 公里,东西最宽为 5.3 公里,平均宽为 4.07 公里,湖泊面积为 77.22 平方公里。湖泊集水面积为 228.9 平方公里,集水面积与湖泊面积比值(即湖泊补给系数)仅为 2.96 (见图 1)。

从地质构造看,程海位于通向红河的断裂带上,湖区古生界,新生界的沉积岩和上二迭纪的喷出岩比较发育。沉积岩的出露主要为红色砂岩、破碎的砂页岩、石灰岩和少数角砾岩;喷出岩主要为峨眉山玄武岩。湖的东侧全为砂页岩;东北侧为石灰岩(青草湾至仁义间);西岸从仁义至河口街全为玄武岩。这种岩层的明显不连续性,证明程海的湖盆系断陷而成<sup>②</sup>。由于湖泊受构造影响,湖周群山环抱、湖区侵蚀构造及断崖三角面地形尤为明显。随着湖泊水位的急剧下降,入湖河流强烈下切,湖周形成了一系列“V”型狭谷地貌。

由于程海的集水面积不大,入湖河道都十分短小,较大的仅有由东南岸汇入的季家村河,全长约 15 公里,这些均是季节性河流。即使在雨季,也只是降水时有流,雨停不久便干涸,河水暴涨暴落。因此,湖面降水、临时性沟溪汇水和区间坡面漫流便是湖水补给的主要形式。

据永胜县气象站 1957—1981 年资料,本区多年平均气温约为  $13.5^{\circ}\text{C}$ ,平均气温最低的一月份为  $6^{\circ}\text{C}$ ,平均气温最高的 7 月份为  $19.1^{\circ}\text{C}$ ,平均年气温差  $13.1^{\circ}\text{C}$ 。年内降水非常不均,表现为明显的干、湿两季。据流域内唯一的一个水文站——程海南端的河口街水文站 20 多年积累的资料统计,近湖面的多年平均降水量为 738.6 毫米 (1961—1981 年),其中 6—10 月份的降水量约占全年降水量的 90%。资料分析表明,每年 6—10 月份的降水季节,蒸发量较小;而在雨季到来之前的干旱月份(尤其是 3—5 月份)蒸发较为旺盛(见图 2)。

### 二、湖水热学状况

湖水的温度是湖泊中重要的物理因素之一,湖泊的热学状况可以通过湖水温度的分布和

<sup>①</sup> 参加野外考察的还有高礼存、庄大栋、王苏民、黄宝仁、潘红玺等同志;本文编写过程中承漠培民、王银珠、袁静秀等同志提出宝贵意见;张辉玉同志绘图,在此一并致谢

<sup>②</sup> 根据中国科学院南京地质古生物研究所黄宝仁同志 1981 年资料

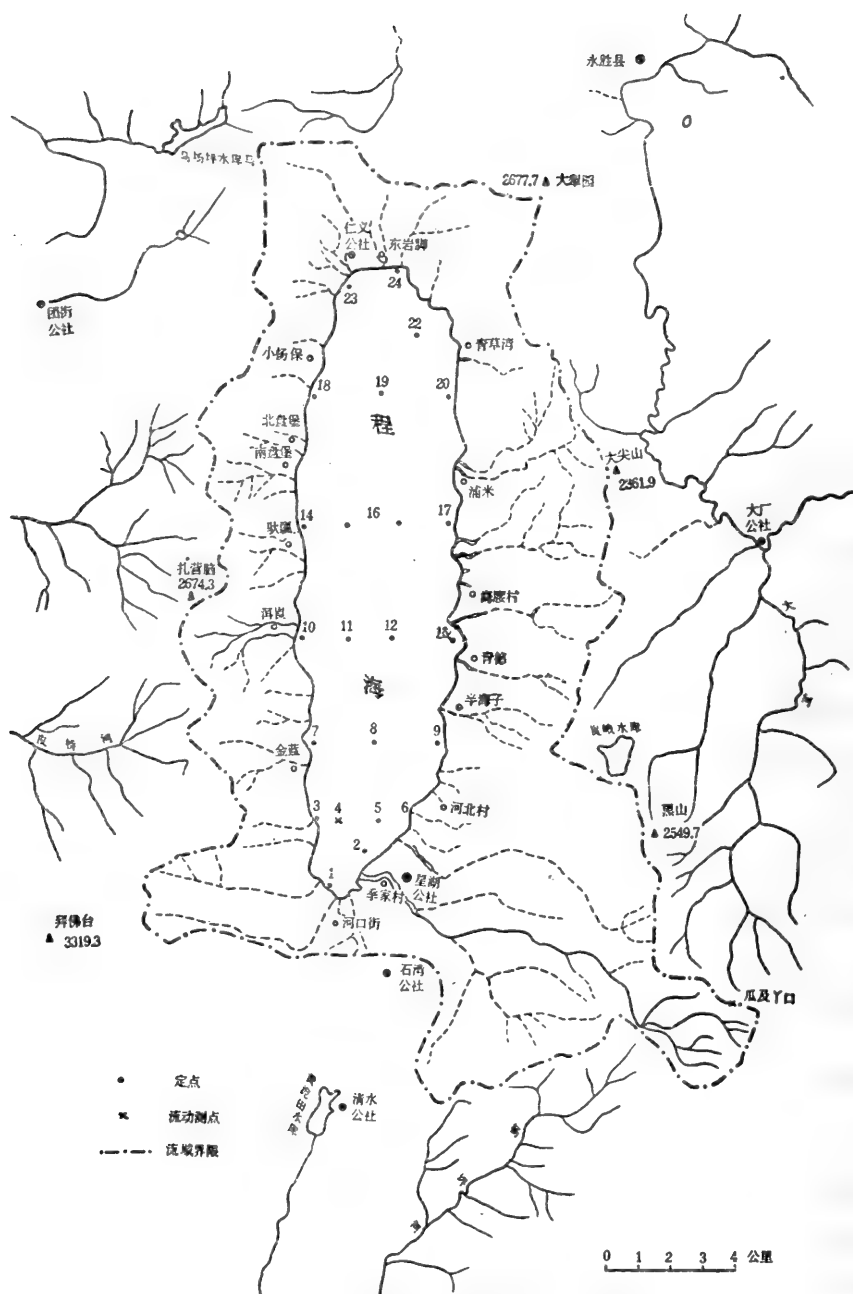


图1 程海水系及湖面测点分布系图

变化来进行研究。

1981年5月27日—6月5日，对程海的综合调查期间，我们在整个湖面设置了24个流动观测点（参见图1）。对该湖的水文、气象各要素，及水质、水生生物、湖泊沉积等，进行了全面的现场调查和观测。为了探讨程海夏季湖水温度的时空变化规律，还在湖面4号点，及湖南端近岸边进行了48小时的连续定点观测；在水温现场观测期间，同时观测了水面以上1.5米处大气的温、湿、风等气象要素。



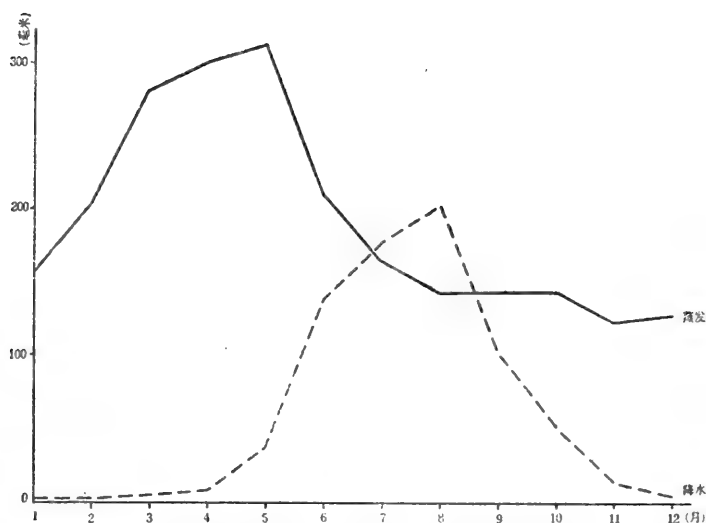


图2 程海多年平均降水、蒸发年过程线

### (一) 水温的日变化

太阳辐射是引起程海表层湖水温度日变化的主要因素。程海湖水温度与气温一样，均有明显的日变化周期。但由于水体的热容量大于气温，所以其最高、最低特征值的出现时间约滞后于气温最高、最低值2—4小时，在正常天气情况下，水温最高值出现在下午14—16

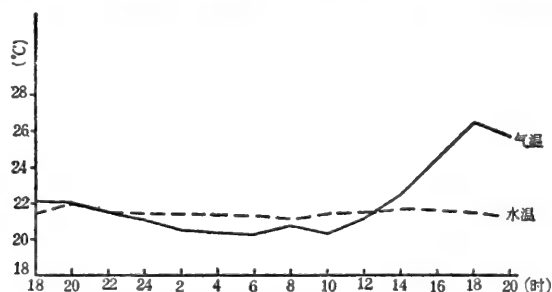


图3 程海1981年5月27-28日水—气、温度的日变化过程线

时，最低值出现在上午6—8时(图3)。另外，水温的日变化幅度也远比气温要小。实测资料表明，敞水区的表层水温的日变化幅度仅为 $1^{\circ}\text{C}$ 左右，而气温的日变幅可达 $6-7^{\circ}\text{C}$ 。

通常情况下，白天的气温高于水温，夜间的水温高于气温。但有时天气状况的突然改变，对水温的日变化过程也有显著的影响，表1是1981年5月28日程海敞水区和岸边水温、气温的同步观测资料，可以看出，在天气状况发生突然变化的时候，表层水温的日变化过程线就会随着发生波动。如28日的16时，尽管气温处于正常的增温状态，而天气突然转阴，并刮大风，致使岸边水温出现了明显的降温现象。

据实测资料，岸边水温的日变化幅度比敞水区要大得多(表1)。这表明，岸边浅水区域的水温日变化，受岸边环境条件的影响较明显，容易增温和冷却所致。

### (二) 水温的年变化

根据程海河口街水文站1961—1981年的水温观测资料(表2)，程海月平均最高水温出

现在 8 月 (22.74℃)；月平均最低水温出现在 1 月 (8.83℃)。每年的 2—8 月为湖水的增温期 (有的年份可延迟到 9 月上旬)；9 月到翌年 1 月底 (或 2 月初) 为降温期。历年的平均水温为 15.9℃；历年最高水温为 31.2℃；历年最低水温为 2.0℃；绝对变幅 29.2℃；历年平均变幅为 13.91℃。因为最低水温大于 0℃，所以该湖为不冻湖。

表 1 程海散水区、岸边水温、气温同步观测资料对照表

| 日期             | 时 间<br>项 目 | 6:00  | 8:00  | 10:00 | 12:00 | 14:00 | 16:00     | 18:00     | 20:00 | 备 注 |
|----------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-----------|-------|-----|
|                |            |       |       |       |       |       |           |           |       |     |
| 1981年<br>5月28日 | 水 温<br>(℃) | 21.27 | 21.17 | 21.37 | 21.47 | 21.67 | —         | 21.47     | 21.17 | 散水区 |
|                | 气 温<br>(℃) | 20.3  | 20.8  | 20.4  | 21.2  | 22.5  | —         | 26.3      | 25.7  |     |
|                | 天 气        | 少 云   | 阴     | 阴     | 多 云   | 多 云   | 阴、大风      | 多云,<br>小风 | 少 云   |     |
| 1981年<br>5月28日 | 水 温<br>(℃) | 21.27 | 21.37 | 21.47 | 21.47 | 22.48 | 19.97     | 21.67     | 21.07 | 岸 边 |
|                | 气 温<br>(℃) | 21.1  | 21.1  | 21.7  | 21.5  | 23.1  | 25.7      | 26.5      | 25.5  |     |
|                | 天 气        | 少 云   | 阴     | 阴     | 多 云   | 多 云   | 多云,<br>大风 | 多 云       | 少 云   |     |

表 2 程海河口街水文站1961-1981年月平均水温过程

| 月 份           | 1    | 2    | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 年平均  |
|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 多年平均<br>水温(℃) | 8.83 | 9.05 | 10.97 | 14.12 | 17.02 | 20.32 | 22.18 | 22.74 | 21.72 | 18.78 | 14.43 | 10.60 | 15.9 |

(三) 水温的垂直变化

据实测资料，程海的垂线水温呈明显的正温层分布，即水温随深度的加大而递减，并且存在着不同强度和厚度的温度跃层（图 4）。亦即水温的垂直分布呈三层结构：湖上层、温跃层和湖下层。

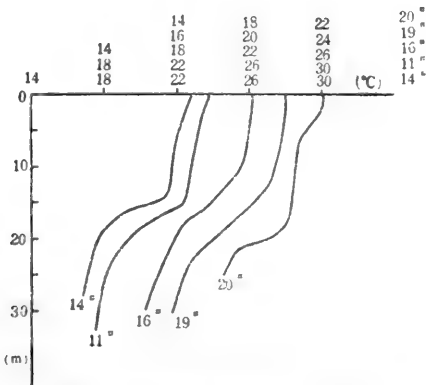


图 4 程海水温的垂直分布图

湖上层由于受太阳辐射和风的动力混合作用影响，温度既高又均匀，水温一般在 22—24℃之间，水层厚 8—15 米，有时可达 17 米；温跃层由于受作用在湖面上的风向、风力以及风区长度诸因素的影响，其位置及各项特征值在各湖区亦不尽相同，其深度一般在 15—25 米

间, 平均深度19.5米, 最大的温度梯度 $\left(\frac{\Delta t}{\Delta H}\right)$ , 其中 $\Delta t$ 为温跃层内的温度差,  $\Delta H$ 为温跃层的水层厚度)为 $0.95^{\circ}-1.0^{\circ}\text{C}/\text{米}$ , 平均温度梯度为 $0.56^{\circ}\text{C}/\text{米}$ ; 湖下层一般是在25米深度以下, 温度多为 $16.7-17.9^{\circ}\text{C}$ , 最低温度为 $15.8^{\circ}\text{C}$ , 温度随深度的增大而降低的速度很慢。

温跃层的位置不是一直不变的。除具有年变化、季节性变化外(因为是一次调查, 有关此点待今后进一步研究), 还具有随时间而变化的特点。这是因为作用在湖面上的风向、风速, 风区长度和时间各地不同, 由此产生的风浪、湖表面的定振波以及由风浪和表面定振波激发起的内波, 在温跃层附近强迫水体进行混合交换, 从而引起整个湖水温度场的急剧变化, 使得温跃层位置和温跃层的强度不断改变。由于内波的影响, 温跃层的上界位置可抬升到深度8米的水层, 有时则降到深度17米的水层。图5是由于温度内波引起的水温垂直分布变化情况。

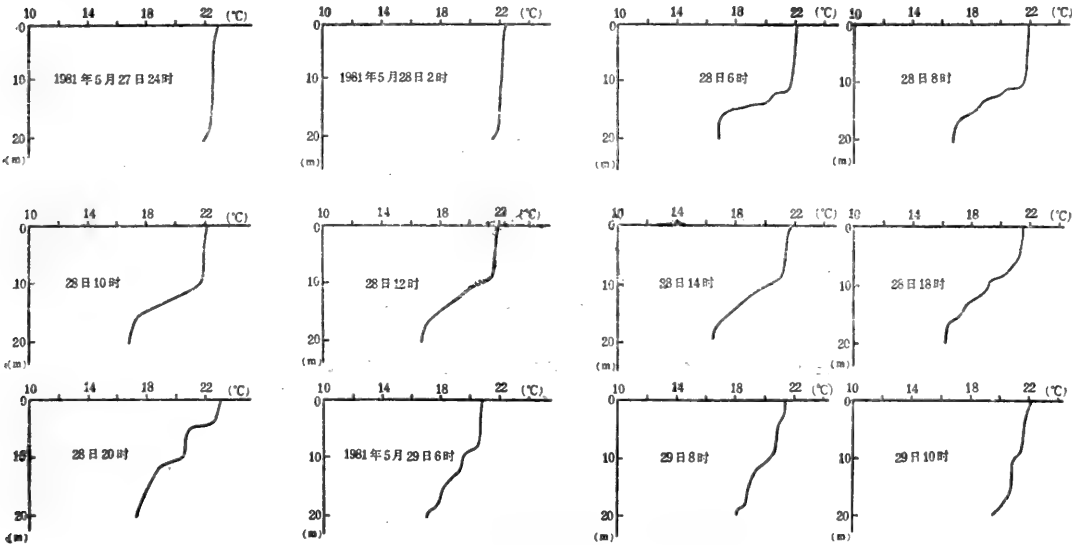


图5 程海内波对水温垂直分布的影响

### 三、水色与透明度

程海由于湖周群山环抱, 湖泊集水面积不大, 入湖径流分散, 支流短小, 湖区无工业废水等污染源, 所以在同类型的湖泊中, 程海的透明度是较大的, 水色标号也是较小的。程海的水色一般标号为11, 最高为12; 透明度3—3.5米, 最大为4.0米(图6)。水色及透明度的南北差异不大, 分布比较均匀。透明度较大的区域大致与湖水的最深区相吻合。

程海透明度分布的不均与湖周地区的岩性、湖盆形态、植被及人类活动影响有关。正如前面所提到的, 湖的东岸为砂页岩, 东北岸为石灰岩, 西岸为玄武岩, 东南岸为一片泥沙质滩地, 因此湖水的透明度西岸大于东岸, 北岸大于南岸。因为石灰岩地区的径流携带的泥沙少于砂页岩地区, 而玄武岩地区的径流携带的泥沙又少于石灰岩地区。

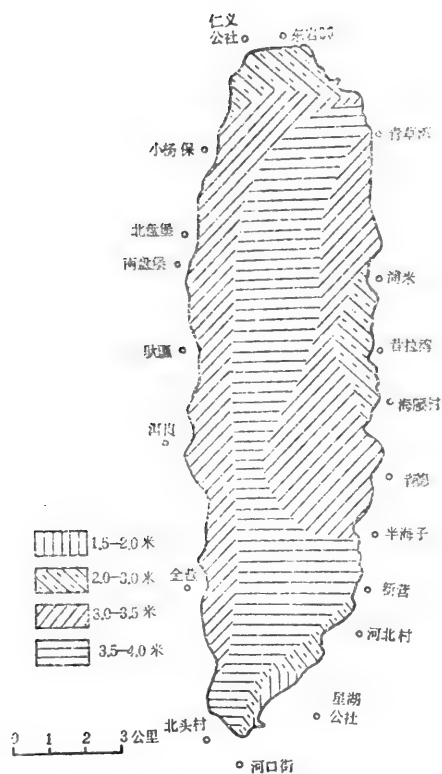


图 6 程海的透明度分布图

表 3 程海水色透明度观测资料 (4 号点, 1981 年 5 月 28 日)

| 时 间     | 8    | 10  | 12  | 14  | 16   | 18  | 20   |
|---------|------|-----|-----|-----|------|-----|------|
| 水色标号    | 11   | 11  | 11  | 10  | —    | 11  | 11   |
| 透明度 (米) | 3.55 | 3.8 | 3.5 | 3.9 | —    | 3.0 | 2.55 |
| 天 气     | 阴    | 阴   | 多云  | 多云  | 阴、大风 | 多云  | 少云   |
| 湖面状况    | 静    | 静   | 大浪  | 小浪  | 破浪   | 破浪  | 破浪   |

该湖的东南角是透明度最小的区域,这是因为本区水深较浅,水草茂盛;同时,本区是流域内耕种面积最大的农业区,居民点较多,入湖的径流量也最大。雨季入湖径流带来的泥沙和陆源腐殖质相应也就最多。这些物质不易沉淀,吸附在水生植物上的悬浮物也易受风浪波动的影响。

程海水色透明度还具有日变化现象 (表 3)。一般早晚透明度小,水色标号高,中午水色标号小,透明度大。这是因为透明度表示光线到达湖水中的深度,而射入湖水的光源主要是太阳辐射。中午前后,太阳高度角大,射入湖水的光线自然也就增多;反之,早晚的光线则较少。另外,水体中浮游生物的垂直分布,随着湖水温度的早晚变化,其位置亦在不断的变化着。无疑,这对水色透明度也有一定的影响。程海的水色透明度的日变化,除了取决于以上各

种因素之外，还与观测时的天气现象和湖面状况等因素有关，即风平浪静的晴天，水色标号小，透明度大；阴雨天气和有风浪的情况下，水色标号则高，透明度也小。

## 四、程海的水量平衡

程海原是一个外流淡水湖泊，由南端的海口河通金沙江。据永胜县志记载，约从1690年起，水位逐年下降，湖水入不敷出，逐渐演变为一个封闭湖泊。1690—1965年的275年间，水位下降了37米，平均每年下降0.14米左右。解放后，随着农业生产的发展，湖区有10.51万亩农田靠程海水灌溉，从而加速了该湖水位的逐年下降。据河口街水文站1961—1981年观测资料，20年间，水位下降了3.04米，平均每年下降0.152米，近六年来，水位下降更快，平均每年为0.162米。

1981年6月初，对程海的湖底地形进行了测量，采用回声测深仪测得该湖最大水深为35.1米，平均水深为25.7米。湖水总面积77.22平方公里，水深大于30米的面积约占整个湖泊面积的40%（图7、图8），程海的总容积为19.87亿立方米。与1961年相比，水量减少了2.36亿立方米。湖水的矿化度在1972年为889毫克/升，1981年上升到1004毫克/升，使程海从淡水湖演变成了云贵高原上的一个较大的咸水湖<sup>①</sup>。并且在湖滨滩地上已出现了某些化学沉积的迹象。

从目前情况看，随着农业灌溉用水的增加，以及其他人为影响因素的加剧，湖水位的这种下降趋势，近期仍将会继续下去，湖水咸化的程度也将会越来越严重。为了更好地评价程海水资源在发展该区农业生产和水产养殖业上的意义，本文拟对程海的水量平衡状况进行专门讨论。

封闭湖泊水量平衡方程式一般采用以下形式：

$$Q_x + Q_y + Q_z + Q_k = Q_e + Q_z' + Q_p \pm Q_w \dots\dots \quad (1)$$

式中： $Q_x$  ——湖面降水量；

$Q_y$  ——地表入湖径流量；

$Q_z$  ——地下入湖径流量；

$Q_k$  ——湖面水汽凝结量；

$Q_e$  ——湖面蒸发量；

$Q_z'$  ——地下出湖径流量；

$Q_p$  ——工农业用水量；

$\pm Q_w$  ——计算时段里的湖水增减量。

湖面水汽凝结量 $Q_k$ 相对于其它各项是一相对小的量；另根据湖区的地质地貌情况，假设地下出湖径流量 $Q_z'$ 为零，故 $Q_k$ 、 $Q_z'$ 都可忽略不计。这样，程海的水量平衡方程式可简写成：

$$Q_x + Q_y + Q_z = Q_e + Q_p \pm Q_w \dots\dots \quad (2)$$

### （一）湖面及其流域降水量的确定

程海流域内，仅湖南端有一河口街水文观测站，该站海拔1520米，观测项目有降水、蒸发、湖水温度、水位等。据1961—1981年实测资料，该站多年平均降水量为738.6毫米，因为

<sup>①</sup> 根据本所胡文英同志提供的资料

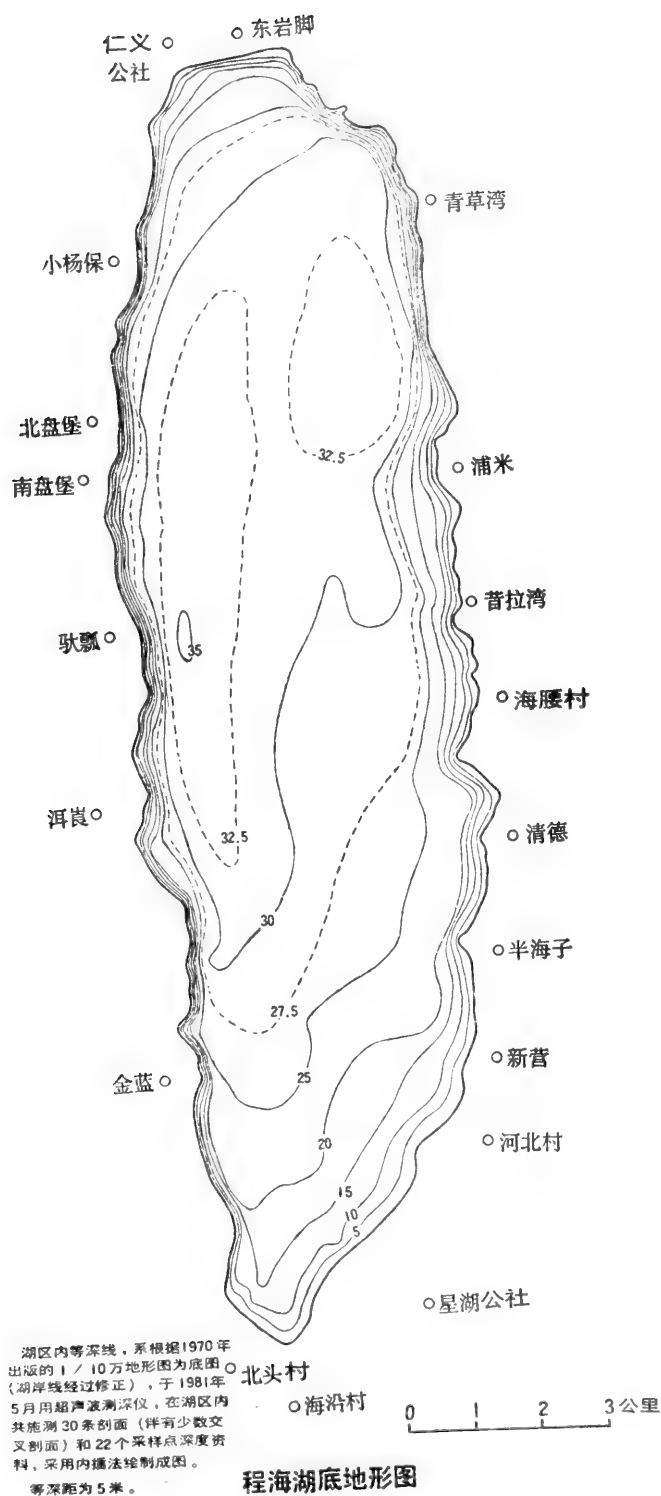


图7 程海湖底地形图

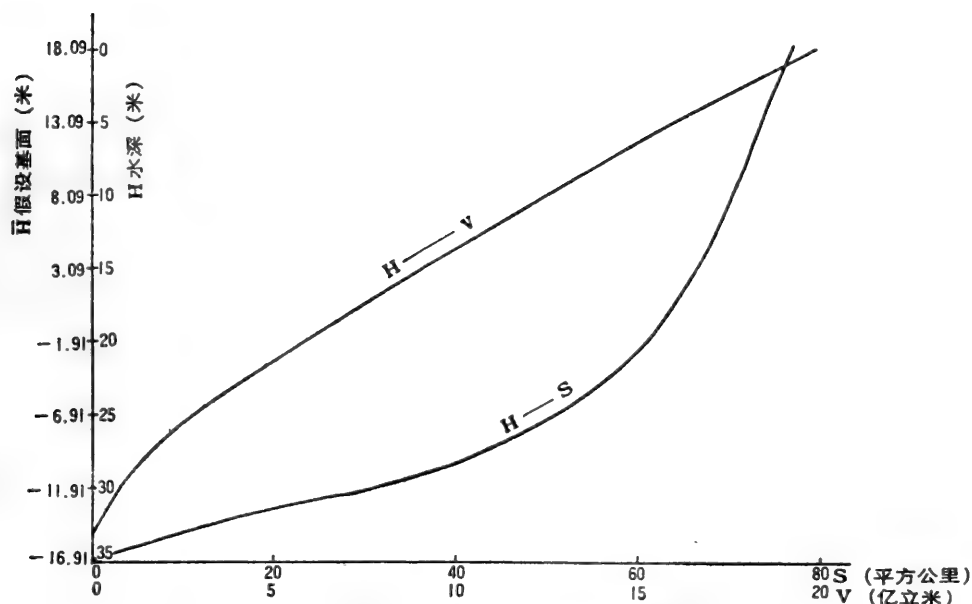


图8 程海水位—面积、水位—容积曲线

河口街站紧靠湖边，而且观测系列又较长，因此这个数值基本上可以代表湖面上的多年平均降水量。

在流域周围有四个与程海比较靠近的雨量站，其多年平均降水量分别是（表4）：戛峨

表4 程海地区有关台站降水量资料

| 站 名 | 项 目 | 位 置 | 测站高程<br>(米) | 多年平均降水量<br>(毫米) | 资料年限<br>(年) |
|-----|-----|-----|-------------|-----------------|-------------|
| 河口街 |     | 湖 南 | 1520        | 738.6           | 1961—1981   |
| 戛 峨 |     | 湖东南 | 2100        | 756.4           | 1968—1979   |
| 大 厂 |     | 湖 东 | 1900        | 788.4           | 1968—1973   |
| 永 胜 |     | 湖东北 |             | 925.8           | 1957—1981   |
| 马场坪 |     | 湖西北 | 2400        | 1029.3          | 1966—1979   |

（海拔2100米，湖东南）756.4毫米（1968—1979年）；永胜（海拔2140米，湖东北）925.8毫米（1957—1981年）；马场坪（海拔2420米，湖西北）1029.3毫米（1966—1979年），大厂（海拔1900米湖东）788.4毫米（1968—1973年）。这5个站的平均降水量为847.7毫米。如果用代表性较好的太森多边形法计算，则该湖流域的多年平均降水量为804.5毫米（据1968—1979年资料）。

另据云南省水文总站1971年10月编制的《云南省水文手册》之图1标明，本湖区年平均降水量在800毫米等值线左右。因为河口街站的位置在近湖泊的坝区，地势低平，显然，简单的利用河口街单站的雨量资料是不能代表整个流域降水量的；如果将5个雨量站的资料进行算术平均来确定流域降水量，也有许多缺陷。因为各个站所处的地理位置、海拔高度及其所代表的面积不同。我们认为利用太森多边形法计算的结果比较合理，能够基本反映湖区经常出现的多局部降水的客观情况。根据以上分析，决定本节按太森多边形方法计算的结果804.5毫米来代表流域多年平均降水量。

## (二) 地表入湖径流量的确定

从《云南省水文手册》之图 6 查得，程海流域内的径流系数，大致处于 0.2—0.3 范围内。径流系数的影响因素很多，首先是气候因子，其次是下垫面条件。一般来讲，降水越大，下垫面条件越有利于径流的形成，径流系数即越大。程海处于具有立体气候特性的横断山地区，从年积温和该区生长的植物结构上来看，属北亚热带气候区。与周围地区相比，程海流域降水偏少，蒸发较大，加之湖区地形闭塞，入湖径流大都系雨季开始后的坡面漫流和接近湖滨的季节性河流，水量损失较大。地表径流系数是在确定了流域降水量、湖面蒸发量及地下入湖径流量（详见后）以后通过水量平衡法计算的，结果程海流域的年平均径流系数仅为 0.16，地表径流来水可使湖水位每年平均增高 356.7 毫米，即 0.2754 亿立方米。

## (三) 湖面蒸发量的确定

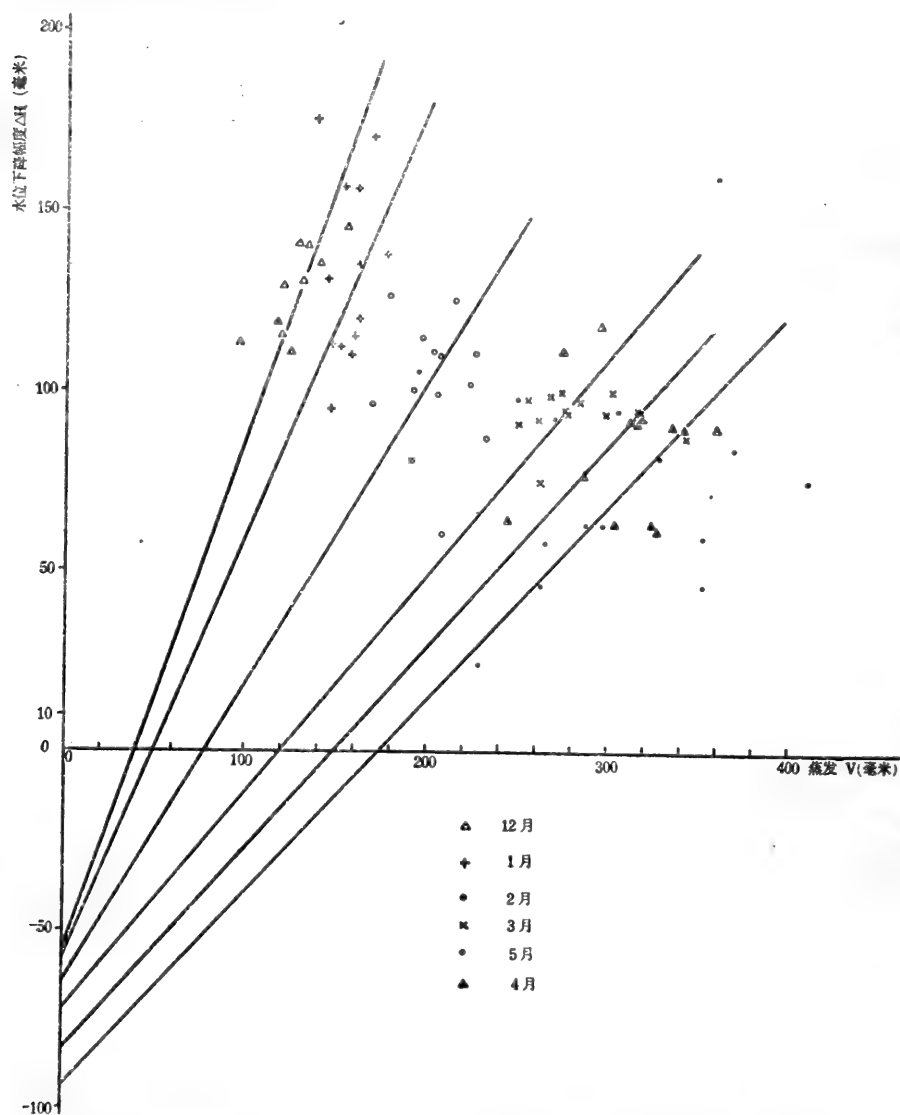


图9 程海旱季（12—5月份）的水位下降幅度与当月蒸发量的关系曲线



前已述及，程海地区干湿季节分明，年降水量的90%集中在6—10月份。为了比较准确地确定湖面蒸发量，我们通过取用蒸发旺盛的12—5月份（降水量趋近于0或不可能形成地表径流）的降水、蒸发和水位资料，来探讨程海的水量平衡状况。结果，从程海旱季各月水位下降幅度与当月蒸发量的关系曲线（图9）中获得了程海岸边E<sub>601</sub>蒸发器测得的蒸发量与湖面蒸发量之间的关系。表5为湖面蒸发对于岸边蒸发的折算系数，其中12月—5月的折

表5 程海湖面蒸发对于岸边蒸发的折算系数

| 月 份  | 1   | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11  | 12  | 年平均   |
|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-------|
| 蒸发系数 | 1.2 | 0.83 | 0.61 | 0.56 | 0.53 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.3 | 1.4 | 0.969 |

算系数是从图9中直接得出的，其余则是参考了太湖和云南抚仙湖水上蒸发器的资料来确定的。这样求得程海湖面的年蒸发量为2040.3毫米。另外1963—1965年河口街口径20厘米蒸发皿年平均观测值为3024.7毫米。根据国内有关蒸发试验站的对比观测结果，从20厘米口径蒸发器的观测值折算成天然水体蒸发量的折算系数，云南为0.64—0.72，若按平均值0.68计，则得程海的湖面蒸发量为2056.8毫米，可见这一数值与上述计算结果是十分相近的。

（四）地下入湖径流量的确定

从图9中不难看出，程海水位的下降幅度并不是与蒸发量成比例的，根据分析，其主要原因是该湖存在着较大的地下入湖径流量。经过计算，程海的地下入湖径流深为817.7毫米，

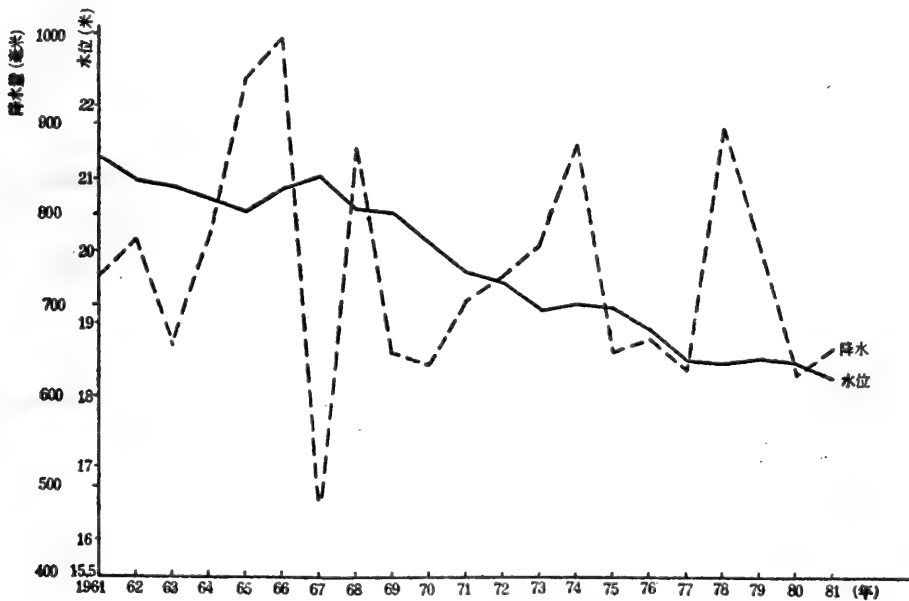


图10 程海（1961—1981年）水位及降水量的年际过程线

即0.6309亿立方米。各月地下入流的平均值如表 6。

表 6 程海地下入流量的各月平均值

| 月 份          | 1    | 2    | 3    | 4    | 5     | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 年总量   |
|--------------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 实际地下来水量 (毫米) | 57.0 | 60.4 | 73.0 | 84.0 | 103.5 |      |      |      |      |      |      | 56.0 |       |
| 计算地下来水量 (毫米) | 56.8 | 61.4 | 74.9 | 85.6 | 91.5  | 88.1 | 73.1 | 61.7 | 56.6 | 56.0 | 56.0 | 56.0 | 817.7 |

在分析1961—1981年湖区降水与湖泊水位变化过程时发现，程海水位的年际过程线与降水量过程线的变化有着较好的对应关系。其中水位变化的特征值普遍存在着比降水滞后一年的现象（图10）。并且从图11中又得知，各月地下入湖径流量的大小，大致与 9 个月前的湖区降水量有着密切的关系，而与前期 6 个月降水量的滑动平均值的的关系则不明显。

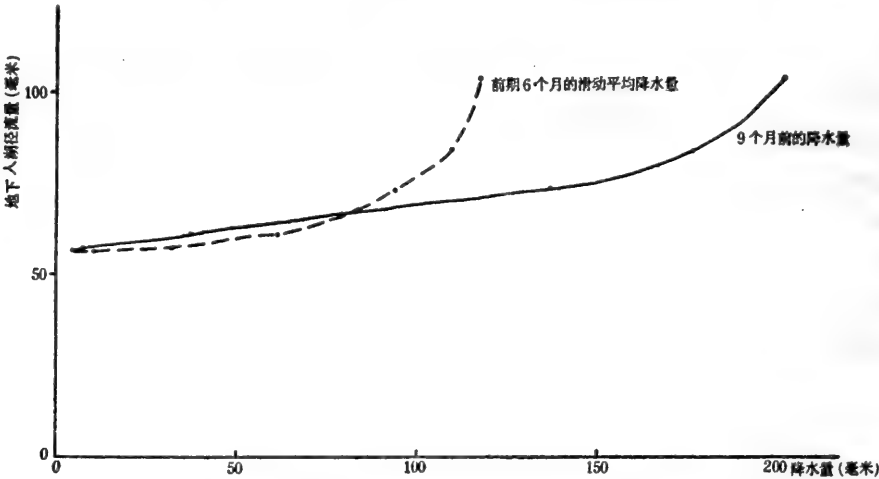


图 11 程海地下入湖径流量与前期降水量的关系曲线

(五) 工农业用水量的确定

根据星湖公社抽水站提供的数据，多年平均工农业用水量为0.0121亿立方米，相当于径流深16.0毫米，只占蒸发损失水量的0.8%。

这样，根据方程式（2） 可以得出程海的入湖水量—出湖水量 = - 143.3毫米，或等于

表 7 程海流域多年平均水量平衡简表

| 入 湖 水 量 |       |             |        | 出 湖 水 量 |        |       |             |
|---------|-------|-------------|--------|---------|--------|-------|-------------|
| 项 目     | 特 征 值 | 面 积<br>平方公里 | 水 量    |         | 项 目    | 特 征 值 | 面 积<br>平方公里 |
|         |       |             | 毫 米    | 亿立方米    |        |       |             |
| 湖面降水量   |       | 77.22       | 738.6  | 0.5703  | 湖面蒸发量  |       | 77.22       |
| 地表入湖水量  |       | 228.9       | 356.7  | 0.2754  | 工农业用水量 |       | —           |
| 地下入湖水量  |       | —           | 817.7  | 0.6314  |        |       |             |
| 合 计     |       |             | 1913.0 | 1.4771  | 合 计    |       |             |
|         |       |             |        |         |        |       | 2056.3      |
|         |       |             |        |         |        |       | 1.5876      |

0.1105亿立方米的水量平衡简表(表7)。表7说明,程海的水量入不敷出,平均每年湖面下降143.3毫米,损失水量0.1105亿立方米,这与程海近年来水位日趋下降的客观情况是相吻合的。造成这种湖水水位下降、水量减少的主要原因:一是由于湖周陆面的截流灌溉,使得径流系数显著减少,导致陆面入湖水量的减少(只占入湖总水量的18.6%)。二是存在着巨大的湖面蒸发量,湖面年平均蒸发量2040.3毫米,这一量值与其它湖泊比起来似有点偏大。至于工农业用水,其量只占出湖水量的0.8%,故不是造成程海水位下降的主要原因。

对于程海具有大量的地下水补给的可能性,我们可以初步从以下一些分析中得到证明:

① 程海的补给系数(即流域面积与湖泊面积的比值)非常小。我国的内陆湖泊补给系数在不同的地区相差很大,如藏北北部一般在20以上,藏北南部介于10—20之间,藏南介于8—10之间。在云贵地区的一些湖泊,一般也多在5以上。唯程海仅为2.96,这在我国其它地区是罕见的。在湖区蒸发量很大,又无特殊的地表水(如冰川)补给的情况下,这种现象只有由丰富的地下补给湖水才可能得到解释。

② 程海是一个明显的汇水中心。从地貌形态看,程海虽有其自身的地表集水区,但从较大的范围看,它的地势相对较低,是一个明显的汇水中心。如程海的湖面高程为1510米左右,而与其流域相邻的一些盆地,盆底高程多高于程海湖面500—800米,这就为程海具有丰富的地下水入流创造了有利条件。

③ 湖区地层具有较好的透水性。程海沿岸地区多分布砂岩、砂页岩、以及巨厚的湖相沉积物,局部地区是灰岩,这些透水性能较好的岩层为地下水的入流提供了必要的地质条件。

④ 根据地下水补给量大小大致与9个月前的降水量多少有着较好的对应关系看来,也证明了大量地下补给水的存在。因为地下水需要漫长的地下汇流过程,而这一点是与本区的地质地貌条件特点基本相吻合的。

⑤ 在湖泊沿岸地区分布有许多地下水溢出点或溢出带。其中较大的有湖北岸的黑伍泉水;西岸的金蓝泉水;东岸的海腰泉水和南岸的抽水站泉水,后者流量达0.018米<sup>3</sup>/秒,常年有水。这些都是大量地下水补给的一个重要现象。

⑥ 程海湖水正在咸化。据水化学分析资料,程海湖水矿化度目前已达1004毫克/升,成为云贵高原地区当前的一个较大的咸水湖泊。这固然是与水位下降、湖水浓缩有关,但矿化度相对较高的大量地下水补给,也应是促使其湖水咸化的一个重要原因。

在初步分析了程海的水量平衡之后,探讨程海水资源的保护措施时,我们认为:除设法扩大集水面积(人工截引临近流域的河道径流)、增加入湖水量以及控制工农业用水以外,一项带根本性的措施应该是如何开展有效抑制湖面蒸发的试验研究。

## 参 考 文 献

- (1) 施成熙, 1959, 陆地水文学(上册), 科学出版社, 143—291。
- (2) 中国科学院自然区划工作委员会, 1959, 中国气候区划(初稿), 科学出版社。305—309。
- (3) 国家海洋局, 1975, 海洋调查规范。
- (4) Б. Д. 扎依科夫, 1981, 湖泊学概论, 科学出版社, 74—88, 184—258。
- (5) Г. К. 达维道夫, 1958, 苏联水文地理, 科学出版社。
- (6) Б. Б. 波果斯洛夫斯基等, 1958, 湖沼学概论, 科学出版社。
- (7) Келлер Б., 1965, Воды и водный баланс Суши. Издательство «Прогресс» Москва. с. 345—351。

# THE HYDROLOGICAL CONDITIONS AND WATER BALANCE OF CHENGHAI LAKE

Ji Jiang                  Fan Yunqi

Nanjing Institute of Geography, Academia Sinica

Abstract

Chenghai lake or so called Heiwuhai lake previously was an outflowing fresh lake, but now it has already turned into a closed inland lake. Its maximum length and depth, mean width and depth, water area, catchment area and total storage capacity are 19.3Km, 35.1m, 4.1Km, 25.7m, 77.22Km<sup>2</sup>, 228.9Km<sup>2</sup> and 1,987 mill. m<sup>3</sup> respectively.

Chenghai lake is an unfreezed lake with a mean annual temperature of 15.9°C. The vertical distribution of water temperature is characterized of positive stratification with an obvious thermocline in it. The depth, thickness and temperature gradient of thermocline are strongly influenced by internal waves. The maximum transparency of the lake water approximates to 4.0m while the water colour index is 11.

According to the analysis and calculation the mean annual precipitation on the lake reaches and on the lake surface, the surface inflowing runoff depth, the underground inflowing runoff depth, the annual evaporation from lake surface, and mean water quantity expended by industry and agriculture use are 804.5, 738.6, 356.7, 817.7, 2040.3, and 16.0mm respectively. The evaluated total inflowing water is 1913.0 mm while the total lost water is 2056.3mm. The water level of this lake is descending with a mean rate of 143.3mm per year.

The major reason of descending of the water level of Chenghai lake is the intensive evaporation from the lake surface. For the purpose of the conservation of the water resources of Chenghai one of the basic steps is to study the problem of restraining the evaporation from water surface.

## 26. 横断山北段植被考察<sup>①</sup>

李鼎甲

(中国科学院成都地理所)

1982年6—9月,中国科学院青藏高原综合科学考察队垂直带组对川西地区进行了综合考察。考察范围,南北最宽处约在北纬 $29^{\circ}50'$ — $33^{\circ}10'$ 之间,东西最长处约在东经 $98^{\circ}$ — $103^{\circ}40'$ 之间。主要属于阿坝藏族自治州和甘孜藏族自治州所辖范围。本区位于青藏高原东南缘的高原及高山峡谷区,是山地强烈隆起与不同地质构造相交接的地区,自然条件极为复杂,因此,这里的植物种类非常丰富,植被类型多种多样,从而吸引了不少的国内外学者来此采集植物标本和考察研究。解放前,郑万钧,方文培,邓淑群,刘慎谔,曲仲湘,俞德浚,朱惠芳,程绍行,林裕光, E. H. Wilson, 吴中伦, F. K. Ward等。解放后,植被调查考察研究工作更扩大和深入,来这里工作的科研人员也越来越多,杨玉坡,崔友文,颜济, A. H. A. 费多罗夫,中苏西南高山林区森林综合考察队,杨组章,吴中伦,中苏考察队,姜恕,管中天,刘照光,胡文光,毕国昌,林裕松,李文华,蒋有绪,刘醒华,中国科学院西部地区南水北调综合考察队,四川省林科所高山更新研究组,四川省西部地区植被调查协作组,四川植被协作组等单位 and 人员做了大量的工作,写了不少的论文和专著。1981年中国科学院成都地理研究所部分科研人员对贡嘎山进行综合考察,1982年中国科学院青藏高原综合考察队对横断山北段进行了综合考察,本文就是在前人工作的基础上,关于这次考察地区垂直带植被方面的初步报告。

### 一、横断山北段的自然地理条件

考察地区从地质构造的特征上看主要属于四川西部地槽区。三叠系在区内最发育,分布最广,东西方向岩相变化明显。西部义敦一带下、中统为碎屑岩夹泥质灰岩,间或有砾岩夹层,上统为一套砾岩、灰岩、碎屑岩、火山岩组合,生物门类丰富,厚7000—20000米。北部碎屑岩中含凝灰质,生物单调,厚8000—20000米。西部川、甘边境有侏罗系小型盆地含煤沉积及火山岩分布,厚1000米。白垩系在区内零星分布于山间盆地,为红色碎屑沉积,厚1000—2500米。上第三系亦为小型山间盆地含煤沉积,厚100米左右。考察区内岩浆岩种类繁多,分布广泛,以印支期岩浆活动最发育,有大量中酸性喷岩,也有中小规模的基性-超基性侵入岩,晚期在甘孜地区有广泛的酸—中酸性岩体侵入。本区由一系列复背斜、复向斜构成,形成一系列弧形,反“S”形和南北向构造系。褶皱的形成是多期的,复背斜区形成时间较早,全区褶皱形成于三迭纪末。

从地貌的特征上看,主要属高原和高山峡谷地区。地势由西北向东南倾斜,大部分地面海拔3500—5000米,这是青藏高原的东南缘,是由于印度板块向北漂移并与亚欧大陆碰撞的结果。根据高原面保存完整程度以及河流切割深浅等地形特征,又可以分为甘孜-阿坝高原和川西山地两部分。甘孜-阿坝高原其范围大致沿岷江上游西侧经松潘、黑水和马尔康县北

<sup>①</sup> 本文承我所高生淮、郑远昌同志提出宝贵意见,中国科学院成都生物所刘照光同志修改

至壤塘，折向西南至炉霍，然后转向西北经甘孜至邓柯一带以北。其中西部石渠、色达一带是典型的丘状高原，海拔4400—4800米，不少山峰超过5000米。东部若尔盖-红原一带是典型的高平原。川西山地，为盆地西缘以西，丘状高原以南地区。地势西北高东南低。大致在沙鲁里山脉以东，折多山以西为高山原，相对高度在1000—1500米。高原的东、南、西为高山峡谷区，河流切割程度自北而南和自西而东逐渐增大，相对高差达1500—3000米。主要山脉有大雪山、沙鲁里山、雀儿山和岷山等，山脊海拔一般4000—5000米，贡嘎山最高达7556米。我们考察的重点，四姑娘山主峰海拔6250米，雀儿山主峰海拔6168米，这些山峰终年积雪，现代冰川发育。

本区气候属西部高原冬干夏雨类型。由于地形复杂，海拔悬殊，气候类型多，有从亚热带到永久冰雪带的垂直变化，有“一山四季”和“山顶寒冷，山腰温和，山谷干热”的特点。以热量条件结合自然景观，考察区自西至东属于石渠、色达亚寒带区，阿坝、理塘寒温带区，康定、雅江暖温带、温带区。

考察区土壤主要有高山寒漠土、沼泽土、山地草甸土、山地灰化土、山地褐色土和山地褐色森林土六个类型。

总之，本区是东南季风与西南季风交汇地带。由于龙门山、邛崃山、大相岭对湿润气流的阻挡，气流在循山坡上升过程中逐渐冷却凝结成雨滴，在灌县、雅安、马边一带形成有名的“华夏雨屏”。虽然地形抬高湿润气流是这些地区雨量多的主要原因，但锋面阻滞是这些地区雨量多的更重要原因。在山的背风面，因气流下沉，绝热增温，凝结消失，形成雨影区，故背风坡和局部深切河谷地段雨量明显减少。如岷江河谷的汶川，大渡河谷的泸定、石棉，年降雨量700毫米左右。由于地质、地貌、气候、土壤多种多样，这里的植被也就异常丰富多样，既循水平变化，又循高度分带。水平分布从东到西，从北到南可以分五个植被小区来讨论，垂直分带可以拿四姑娘山和雀儿山来对比。

## 二、水平分布可分五个植被小区来讨论

### (一) 岷江上游植被小区

岷江上游植被小区包括松潘、黑水、理县、汶川、茂汶几个县。

本小区气候寒冷湿润，为冷杉生长创造了条件，普遍分布紫果冷杉 (*Abies recurvata*)、岷江冷杉 (*A. faxoniana*)、青杆 (*Picea wilsonii*)、云杉 (*P. asperata*)、紫果云杉 (*P. purpurea*)。黄果冷杉 (*Abies ernestii*) 分布于较低的河谷，最大高度不超过海拔3200米。汶川、理县有冷杉 (*A. fabri*)。黑水、茂汶、汶川、理县有鳞皮云杉 (*Picea retroflexa*)。铁杉 (*Tsuga chinensis*) 遍及小区。矩鳞铁杉 (*T. chinensis* var. *oblongisouamata*) 分布茂汶、理县、汶川。云南铁杉 (*T. dumosa*) 分布理县、汶川。如理县东南约4公里的胆扎木沟的采伐迹地上，现只留下零星的云南铁杉和桦 (*Betula*)、槭 (*Acer*) 幼树，这是铁杉破坏后才生长出来的桦树、槭树呢？还是典型的铁槭桦林？有待进一步研究。总的来说，这一小区海拔1300—2200米的河谷谷底至谷坡300—400米范围内，植物以小檗 (*Berberis* sp.)、枸杞 (*Lycium chinensis*)、白刺花 (*Sophora viciifolia*)、薄皮木 (*Leptodermia oblonga*) 为主，形成干旱河谷灌丛。在海拔1500—2000米处，黄栌 (*Cotinus coggygria*) 普遍分布于阴坡、半阴坡，形成灌丛的主要成分。如汶川县城附近的秉

里大队后山(海拔1950米)青冈林内,高度约5米,胸径6厘米的黄栌成片。海拔1600—2200米的阴坡及沟谷为樟科的Phoebe, Lindera, 壳斗科的Quercus, 木兰科的Magnolia, 以及珙珙(*Davidia involucrata*), 连香树(*Cercidiphyllum japonicum*)等构成的常绿阔叶及落叶阔叶混交林。海拔2200—3600米为亚高山针叶林, 下部阴坡及半阴坡有铁杉、云杉, 并有多数槭、桦渗入, 阳坡及半阳坡为川滇高山栎(*Quercus aquifolioides*)高山松(*Pinus densata*), 并有较多的华山松(*Pinus armandi*)油松(*P. tabulaeformis*)。上部的阴坡或半阴坡以云、冷杉林为主, 阳坡为川滇高山栎林及灌丛, 或山杨(*Populus davidiana*)桦木(*Betula* sp.)等阔叶树种。海拔3600—3800米以上为高山灌丛草甸。

栽培植物以玉米、小麦、马铃薯为主, 还有水稻、青稞、油菜、豆类。经济林木有苹果、梨、花椒、核桃。茂汶苹果, 理县鸡蛋壳核桃都很闻名。

这个小区虽然与盆地西边山地接近, 但种类成分远不如西缘山地丰富复杂。

## (二) 大渡河中、上游植被小区

包括马尔康、金川、小金、丹巴县、壤塘、康定县部分地区。这一小区是我们这次考察的主要地区之一, 在小金县四姑娘山考察了近一月时间。本小区地形东南低, 西北高, 地势起伏大, 相对高差2000—2500米。海拔1500—2400米为干旱河谷灌丛, 其组成特点有较多的川西南成分渗入, 如沉香(*Excoecaria acerifolia*)、沙针(*Osyris wightiana*)等。小金县新格公社附近干旱河谷灌丛主要成分为多刺种类, 如小蘗、蔷薇(*Rosa* sp.)、短叶锦鸡儿(*Cargana brevifolia*)。1800—2400米的阴坡或沟谷, 有以川滇钓樟(*Lindera supracostata*)、青冈(*Quercus glauca*)、曼青冈(*Q. oxyodon*)、青檀(*Pteoceltis argtgarinowii*)、鹅耳枥(*Carpinus* sp.)等组成的常绿与落叶阔叶混交林, 并有零星的云南松(*Pinus yunnanensis*)、方枝柏(*Sabina saltuaria*)。日隆至长坪沟, 离日隆约10公里处, 有一片大约200公顷的方枝柏林, 树龄在150年左右, 胸径50厘米, 高20来米。2400—3900米阳坡或半阳坡下部为高山松, 往上为糙皮桦(*Betula utilis*)、白桦(*B. platyphylla*), 阴坡下部为铁杉, 上部为云冷杉或及其与红杉混交, 最上部(海拔3900米左右)为红杉林。阳坡上部为川滇高山栎。云冷杉及红杉在本小区分布如下: 鳞皮冷杉(*Abies squamata*)分布金川、小金、康定; 岷江冷杉分布金川、小金、马尔康、丹巴、康定; 冷杉分布小金、康定; 紫果冷杉分布马尔康、金川、小金; 黄果冷杉除马尔康部分地区外, 遍及小区各县。鳞皮云杉遍及小区各县; 川西云杉(*P. likiangensis* var. *balfouriana*)分布马尔康、金川、小金、丹巴、康定县; 紫果云杉分布康定、丹巴、马尔康、小金、金川。云杉(*P. asperata*)分布遍及小区; 青杉分布马尔康、金川、小金。红杉(*Larix potaninii*)分布小区各县; 四川红杉(*L. mastersiana*)分布小金县。海拔3900—4500米为高山灌丛草甸。长坪沟高山灌丛草甸主要是小叶型杜鹃(*Rhododendron* sp.)、苔草(*Carex* sp.)、发草(*Deschampsia caespitosa*)、矮生嵩草(*Kobresia humilis*)。海拔4500米以上为流石滩植被。长坪沟流石滩植被主要有风毛菊(*Saussurea* sp.)、红景天(*Rhodiola* sp.)。

栽培植被集中在河谷地带。主要有小麦、玉米、马铃薯、水稻、青稞、油菜、荞麦、豆类。日隆的油菜生长最大高度约海拔3700米。经济林木有梨、苹果、核桃、花椒。小金—日隆间公路两旁苹果园很多。

本小区植被类型多, 种类成分复杂, 森林覆被率较高, 单位蓄积量较大。

## (三) 雅砻江中游鲜水河植被小区

本小区主要包括德格、甘孜、炉霍、道孚。境内以山原地貌为主, 河谷地带海拔2800米



左右。在海拔3800米以上地区，古夷平面保存完整，联片分布，为起伏和缓的高原面。由于地势偏高，加上东部地区高山对东南季风的阻挡和削弱，湿度由东而西明显递减，树种也随之变化。黄果冷杉仅分布炉霍、道孚一带。鳞皮冷杉 (*A. squamata*) 虽然较其他冷杉耐旱，是我国冷杉属中最耐旱的树种<sup>[14]</sup>，在小区分布较普遍，但越往西越稀少，雀儿山一带几乎只见川西云杉。在道孚、炉霍部分地区可以见到鳞皮云杉，再往西就只有川西云杉了。炉霍、道孚、甘孜部分地区有红杉，道孚有高山松。大果圆柏 (*Sabina tibina*)、密枝圆柏 (*S. convallium*)、方枝圆柏在小区分布较普遍。昌台到甘孜阳坡4700米以下生长圆柏 (*Sabina*) 疏林，阴坡上生长川西云杉，最大分布高度海拔4400米左右。我们有关同志在五道班附近冰碛堤的稀疏树林中，用生长锥钻了一棵胸径为75厘米的川西云杉，树龄约300年。雀儿山的新陆海子，海拔3850米，旁边有一片川西云杉林，林下植物有小蘗、杜鹃、茶藨子 (*Ribes* sp.)、金露梅 (*Potentilla fruticosa*)、银露梅 (*Potentilla* sp.)、窄叶鲜卑花 (*Sibiraea angustata*)、柳 (*Salix* sp.)、圆穗蓼 (*Polygonum spharostachyum*)、珠芽蓼 (*P. viviparum*)、嵩草 (*Kobresia* sp.)。

栽培作物集中在雅砻江、鲜水河及其支流沿岸，种植粮食作物有青稞、小麦、豌豆。本小区鹿茸、虫草、麝香、贝母、羌活、秦艽、大黄、党参等中药资源丰富。德格县马尼干戈公社措把队四郎加泽人工饲养的四只白唇鹿生长健壮，据自我介绍说每年能割6—7斤鹿茸。

本小区由于地势较高，植被主要特征是以灌丛草甸和针叶林为主。农业活动主要在宽谷平坝。许多地区森林都呈块状分布，其特点是树形矮、冠幅大，年龄久，灌丛以小叶型杜鹃、川滇高山栎以及落叶类金露梅、银露梅、窄叶鲜卑花普遍。草甸以嵩草为主，较深厚肥沃土壤以珠芽蓼、圆穗蓼形成优势。较高寒地带带有紫花针茅分布。农业特点是一年一熟，以青稞为主。冬小麦有一定面积。发展饲草、饲料人工基地有广阔的前途。

#### (四) 阿坝、若尔盖、红原植被小区

本小区包括阿坝、壤塘、红原、若尔盖、松潘县。以亚高山草甸为主，沼泽草甸也发达。亚高山针叶林以块状分布于沟谷和阴坡。岷江冷杉 (*Abies fraxoniana*) 分布于若尔盖和红原；黄果冷杉、紫果冷杉分布于红原、壤塘；鳞皮冷杉分布于壤塘；鳞皮云杉 (*Picea retroflexa*) 分布于壤塘、阿坝、红原；紫果云杉分布于阿坝、若尔盖；青杆分布于若尔盖；云杉、大果圆柏 (*Sabina tibetica*)、祁连山圆柏 (*S. Prezewalskii*) 分布于小区部分地区。草甸主要有垂穗披碱草 (*Clinelymus nutans*)、垂穗鹅冠草 (*Roegneria nutans*)、草地早熟禾 (*Poa pratensis*)、丽江剪股颖 (*Agrostis scogeleideri*)、落草 (*Koeleria cristata*)、羊茅 (*Festuca ovina*)、发草、四川嵩草 (*Kobresia setchwanensis*)、矮生嵩草、鹅绒委陵菜 (*Potentilla anserina*)、珠芽蓼 (*Polygonum viviparum*)、淡黄香青 (*Anaphalis flavescens*)、长叶火绒草 (*Leontopodium longifolium*)。栽培作物只有青稞、燕麦。中药材资源丰富，盛产贝母、秦艽、大黄。

本小区的特点是以亚高山草甸和沼泽草甸为主。据说历史上针叶林是很茂密的，经长期烧毁和破坏，森林几乎殆尽，由于水热条件较好，因而亚高山草甸发育，在积水地区发育沼泽草甸。

#### (五) 石渠、色达植被小区

本小区包括石渠；色达大部分；邓柯、德格、甘孜、壤塘一部分。高山嵩草是本小区的主要植被，其次是高山灌丛，沼泽草甸，在局部4500—5500米地段分布有流石滩植被。森林



植被很少，仅局部地区有块状川西云杉、鳞皮云杉、鳞皮冷杉、大果圆柏、密枝圆柏。高山灌丛主要金露梅、银露梅。高山草甸主要有高山嵩草 (*Kobresia pygmaea*)、四川嵩草 (*K. setchwanensis*)、紫花针茅 (*Stipa purpurea*)、羊茅 (*Festuca ovina*)、淡黄香草、圆穗蓼、禾叶凤毛菊 (*Saussurea graminea*)、黄花棘豆 (*Oxytropis ochrocephala*)。在高山草甸上部，还常渗入一些典型高山植物成分，如蚤缀 (*Arenaria* sp.)、金沙绢毛菊 (*Soroseris gillii*)、垫状女娄菜 (*Melandrium caespitosum*)<sup>[13]</sup>。由于地势高寒，已超过粮食作物生长上限，本小区基本上没有什么栽培作物，主要靠畜牧业收入。本小区中药材资源丰富，如石渠县盛产知母、贝母、虫草、大黄、马勃及野生白菌。

本小区地处青藏高原核心部分，高山草甸和灌丛特别发育。由于高寒特点的影响，高山寒漠成分如紫花针茅数量增加，高山灌丛落叶类的成分如金露梅、银露梅等数量也增加，而常绿杜鹃、高山栎类相应减少。

### 三、四姑娘山和雀儿山植被垂直带比较

考察区总地势呈西北高，东南低，形成一大斜面，河流切割也由西北向东南不断加深 (图1)。

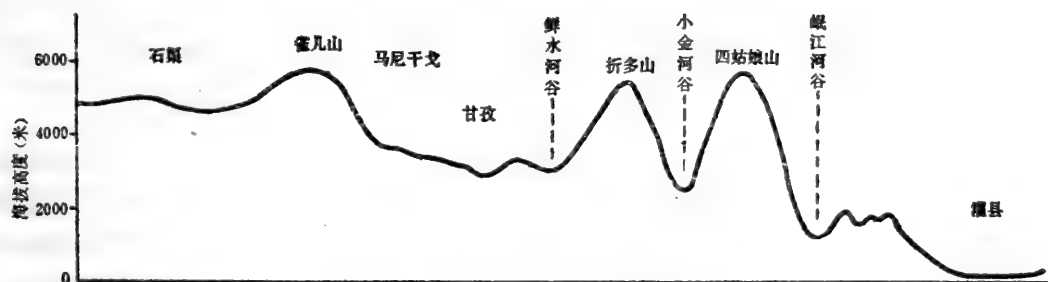


图1 从灌县到石渠地势变化示意图

地形地势变化，形成山地水热条件变化，又由于山地所取水平地理位置、地貌形态、大气环流等方面的不同，各山地所反映的植被垂直分布也不同 (图2、图3)。

四姑娘山植被垂直分布可以拿小金到日隆再到山顶这个剖面来看 (见图2)。

2300—2500米 (阳坡可达2700米) 旱生河谷灌丛：主要植物有白刺花、枸杞、小蘗、薄皮木、川甘亚菊 (*Ajania potaninii*)、兰香草 (*Caryopteris incana*)。

2500—3000米高山松林：高山松常以单一树种组成纯林。伴生树种与生态有密切关系，在干燥向阳地区主要为川滇高山栎，在较湿润地区或沟谷为白桦、山杨。灌木层主要是锦鸡儿 (*Caragana* sp.)、毛杭子梢 (*Campylotropis hirtella*)、蔷薇。草本主要是一些早熟禾 (*Poa* sp.)、蒿类 (*Pedicularis* sp.)。

3000—3300米 (阳坡可到3600米) 杨桦林：糙皮桦 (*Betula utilis*)、白桦、山杨，灌木有杜鹃、栒子、榛子 (*Corylus* sp.)、忍冬 (*Lonicera* sp.)、高山绣线菊 (*Spiraea alpina*)。草本有苔草 (*Carex* sp.)、羽裂蟹甲草 (*Cacalis tangutica*)、川赤芍 (*Paeonia veitchii*)、东方草莓 (*Fragaria orientalis*)。

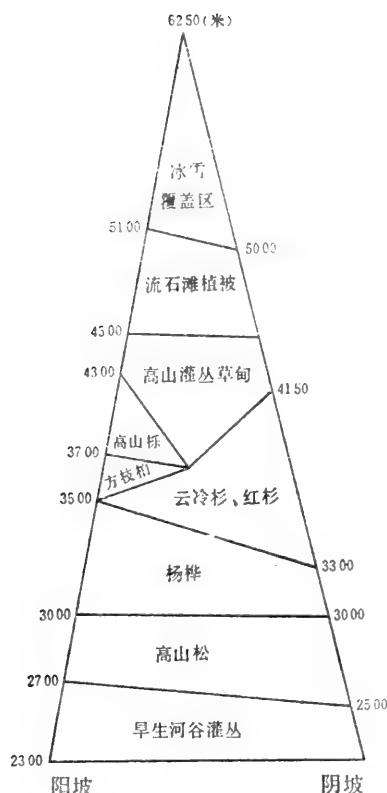


图2 四姑娘山植被垂直分布图

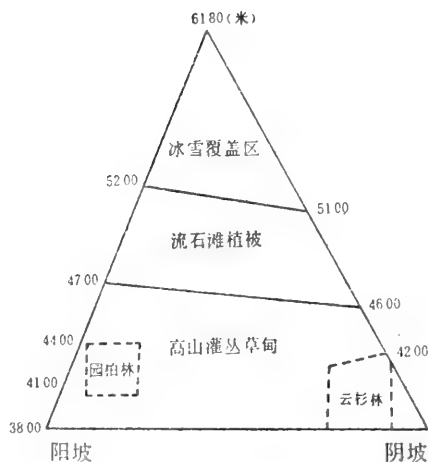


图3 雀儿山植被垂直分布图

3300—4150米云冷杉红杉林：主要分布在阴坡或半阴坡，下部以云冷杉为主，上部以红杉为主，海拔3900米以上渐过渡到红杉纯林。云杉的种类主要有青杉、鳞皮云杉、紫果云杉、麦吊云杉、云杉。冷杉主要有岷江冷杉、冷杉、紫果冷杉、黄果冷杉。红杉林主要是红杉，四川红杉很少。林下灌木有杜鹃、花楸 (*Sorbus* sp.)、忍冬、蔷薇、红毛五加 (*Acanthopanax giraldii*)、冰川茶藨 (*Ribes glaciale*)、木帚栒子 (*Cotoneaster dielsianus*)。草本植物生长较密，种类较多，主要有苔草、疏花早熟禾 (*Poa chalarantha*)、掌叶报春 (*Primula palmata*)、卵叶韭 (*Allium ovalifolium*)、长果升麻 (*Sonliea virginata*)、掌叶蟹甲草 (*Cacalia palmatisecta*)、东方草莓 (*Fragaria orientalis*)、鹿蹄草 (*Pyrola* sp.)。林下常有很厚的苔藓、地衣，在潮湿的环境中，树枝上挂满着松萝 (*Usnea longissima*)。

3500—3700米方枝柏林：日隆公社到长坪沟约10公里处，有一片约200公顷的方枝柏林。林内灌木种类不多，其覆盖度小，主要有锦鸡儿、小檗、高山绣线菊 (*Spiraea alpina*)、多种栒子、茶藨子、杜鹃。草本主要有嵩草、羊茅、鹅冠草 (*Roegneria* sp.)、苔草、虎耳草 (*Saxifraga* sp.)。

3700—4300米高山栎林：主要分布阳坡，下部川滇高山栎高15米左右，上部逐渐矮化。群落结构和种类成分都比较简单，灌木层有高山绣线菊、茶藨子、几种忍冬、金露梅、蔷薇、小檗、杜鹃。常见草本有掌裂蟹甲草、鳞毛蕨 (*Dryopteris chrysocoma*)、双花堇 (*Viola biflora*)、大黄橐吾 (*Ligularia duciformis*)、早熟禾。

3700—4500米高山灌丛草甸：草甸和灌丛镶嵌分布。本带的高山灌丛草甸主要有三个类

型。阴坡多紫丁杜鹃灌丛，以紫丁杜鹃 (*Rhododendron violaceum*) 占绝对优势。宽谷阶地多窄叶鲜卑花灌丛，以窄叶鲜卑花为主。此外还有金露梅、绣线菊灌丛，主要是金露梅、高山绣线菊和细枝绣线菊 (*S. myrtilloides*)。高山草甸主要有羊茅、四川嵩草、剪股颖、圆穗蓼、火绒草 (*Leontopodium* sp.) 风毛菊、唐松草 (*Thalictrum* sp.)、金莲花 (*Trollius* sp.) 银莲花 (*Anemone* sp.)、橐吾 (*Ligularia* sp.)、紫菀 (*Aster* sp.)、狼毒 (*Stellera chamaejasme*)、异叶米口袋 (*Gueldentia diversifolia*)、棘豆 (*Oxytropis* sp.)。

4500—5000米流石滩植被：主要有雪莲花、垫状点地梅 (*Androsace tapete*)、风毛菊、红景天、紫堇、圆穗兔耳草 (*Logotis ramalana*)、虎耳草、矮金莲花 (*Trollius fareri*)、绿绒蒿 (*Meconopsis* sp.)、雪茶 (*Thamnosia* sp.)。

5000米 (阳坡可达5100米) 以上为冰雪覆盖区，发育着现代冰川。长坪沟山上的冰川厚度在60米以上，冰舌可伸展到4800米。

雀儿山植被垂直分布可以拿马尼干戈到山顶这个剖面来看 (见图3)。马尼干戈海拔约3800米，从马尼干戈往上直到海拔4600米 (阳坡可达4700米) 都属于高山灌丛草甸，其间阳坡有块状圆柏林，阴坡有块状川西云杉林。具体地说：

4100—4400米阳坡大果圆柏林。乔木层种类单纯，结构简单，多为大果圆柏一种树种组成，树高15米，胸径40厘米左右，个别树胸径可达110厘米，树龄200多年。林下灌木稀疏，常见的有高山绣线菊 (*Spiraea alpina*)、忍冬、茶藨、银露梅、小檗、栒子、蔷薇。草本植物有四川嵩草、高山嵩草、鹅冠草、清明草 (*Anaphalia aureopunctata*)、火绒草 (*Leontopodium* sp.)、银莲花、风毛菊。裸岩上有雪茶。

3800—4200米阴坡、半阴坡川西云杉林。如马尼干戈附近的新陆海子旁边的川西云杉林，连片约100公顷，树高20米，平均胸径50厘米，最大80厘米。灌木有金露梅、银露梅、柳、忍冬、高山绣线菊、窄叶鲜卑花。草本有四川嵩草、苔草、珠芽蓼、委陵菜 (*Potentilla* sp.)、鹅观草、火绒草。

3800—4600米高山灌丛草甸。由于小地形不同，优势种也有差别。主要有珠芽蓼、圆穗蓼、四川嵩草、羊茅、早熟禾、委陵菜、银莲花、唐松草 (*Thalictrum* sp.)、刺参 (*Mrina* sp.)、风毛菊、马先蒿 (*Pedicularia* sp.)。

4600—5200米流石滩植被。主要有雪莲花 (*Saussurea* sp.)、点地梅 (*Androsace* sp.)、红景天、紫堇、虎耳草、矮金莲花、垫状女娄菜 (*Melandrium caespitosum*)、蚤缀、风毛菊。潮湿处有地衣 (*Placodium* sp.)、雪茶。

通过四姑娘山和雀儿山植被垂直带比较，横断山北段植被垂直带似乎有以下几个规律：

1. 东部的带谱多，西部的带谱少。

四姑娘山植被垂直带，按群落的起源和总的自然地理条件，自小金至雪线可以划分为：①阔叶林带 (旱生河谷灌丛是阔叶林带受到破坏后的产物)；②针阔混交林带 (包括高山松林和杨桦林，杨桦林也是次生群落，且是阔叶林至亚高山针叶林的过渡带)；③亚高山针叶林带 (主要是云冷杉和红杉。关于高山栎是一种特殊的群落，不能作划带的根据。但成都生物所刘照光同志近几年研究认为，高山栎还是有规律可循的：光叶栎常位于阔叶林带；长穗高山栎、川西高山栎处于针阔混交林带；川滇高山栎、黄背高山栎处于亚高山针叶林带)。④高山灌丛草甸带；⑤流石滩植被。雀儿山只有两个植被垂直带，即高山灌丛草甸带和流石滩植被，虽然阴坡有云杉林，阳坡有圆柏林，但往往呈块状分布。

2. 东部带谱低, 西部带谱高。如流石滩植被, 四姑娘山为海拔4500—5000米, 而雀儿山为海拔4600—5200米, 约高100—200米。高山灌丛草甸也有类似的情形。这可能是由于西部巨大山体的加热作用和辐射强烈, 因而热量丰富的缘故。

3. 东部的带植物成分复杂, 西部的带植物成分简单。根据统计, 东部地区的草甸, 植物种数超过300种, 而西部地区的草甸, 植物种数约有100余种<sup>[13]</sup>。

4. 东部喜湿的植物成分多, 西部耐旱的植物成分多。东部地区喜湿的冷杉占森林树种的主要成分, 随着自东至西湿度的减少, 冷杉成分逐渐减少, 以至于很难见到。其他植物成分也有类似的规律。

5. 东部的云杉分布在冷杉之下, 西部的云杉分布在冷杉之上。过去有人认为产生这种现象的原因是由于逆温关系, 所以也称为“倒置现象”。现在有人认为这种现象并不是反常现象, 而是符合各自的分布规律的, 并认为是由于两者对水分条件的适应和要求不同。

#### 四、几点不成熟的意见

通过这次考察, 笔者深切感到东部植被小区自然植被破坏太大, 干旱河谷灌丛的出现、扩大, 就是天然植被破坏的后果之一。汶川县城出现沙丘, 是大自然对不合理利用植被的惩罚。西部植被小区自然植被也存在破坏的危险, 对此, 各有关部门应引起严重的警觉并采取有效的措施。从各植被特点和现有状况, 以及经济效益和生态平衡的观点来看, 在植被利用和改造方面, 笔者有以下几点不成熟的意见。

①岷江上游和大渡河中、上游植被小区, 改造干旱河谷是当务之急。这两个小区改造干旱河谷最容易被群众接受、最有经济效益的途径是大力发展以苹果为首, 核桃、花椒、梨相结合的经济林木、同时种植杨树、刺槐行道树, 栽植刺槐为主的护坡林、薪炭林。如果能这样做, 不但可以逐年增加经济收益、逐步解决用材烧柴等实际问题, 而且可以逐渐恢复和维持生态平衡。苹果在这两个小区发展有着广阔的前景, 而且茂汶苹果很著名, 但单一经营从经济观点和生态平衡的观点来看都是不可取的。如果能在大力发展苹果的同时, 发展核桃、花椒、梨等经济林木, 同时种植杨树、刺槐, 那么, 就等于营造了一片组合较好的混交林。混交林的负反馈机制不但远远大于单纯林, 而且可以利用各种之长, 克服和弥补各种之短。

②雅砻江中游鲜水河植被小区因地制宜利用土地, 制止大面积皆伐是必要措施。这个小区沿河岸较宽阔的洪积、冲积阶地应大力发展粮食生产, 建立人工饲料基地, 同时, 应开展四旁植树。这个地区除部队和少数机关单位在房前屋后种植过一些树木外, 一般老乡似乎没有植树的习惯, 这种状况应逐步改变。各单位应当有计划有组织地根据适地适树的原则在阴山营造鳞皮冷杉、川西云杉、红杉等乡土树种为主的人工林, 在阳山营造圆柏林。甘孜—炉霍公路两旁有好几段生长很好的杨树行道树, 甘孜县城河滩地的一片杨树林生长也不错, 这说明杨树能适应这一地区的生长, 所以开展以杨树为主、其他树种相结合的四旁植树是可行的。这一小区目前存在的一个严重问题是在森林采伐作业中采用的大面积皆伐。这种采伐方式是五十年代从苏联那里学来的。东北林区由于大面积皆伐, 使森林面积大大缩小, 并引起沼泽化, 早已停止使用, 并创造和推广适合东北林区特点的“采育兼顾伐”。我们应当汲取东北林区的经验教训, 停止使用大面积皆伐, 创造和推广适合本区特点的采伐方式。在新的采伐方式没有摸索出来之前, “块状择伐, 及时更新”的作业方式, 对防止森林的破坏和缩小, 维持生态平衡是较好的。

③阿、若、红和石渠、色达植被小区，解决牲畜“秋肥、冬瘦、春死亡”是发展畜牧业的关键；利用生物排水，改造若尔盖、红原沼泽可能成功。这两个小区主要利用天然草地发展畜牧业，但存在冬春饲草、饲料不足，以致牲畜“秋肥、冬瘦、春死亡”。要解决这个问题，主要要从增产和节约这两个方面着手。“增产”主要是积极建立人工饲草基地，推广种植优良牧草，增加饲草产量，并与低海拔区协作，建立饲料基地。根据牧区的经验，建立半人工草场，即天然草地施肥管理效益最高。建立人工草场效果虽好，但投资太大。“节约”主要指在秋季大量宰杀肉用牲畜，这不但可以节省一批饲草饲料喂养留下来的牲畜，使其顺利过冬，减少开春死亡，降低翌年载畜量，而且可以减少肉量的损失。据说每头牲畜平均冬春要瘦掉30—40斤肉。以宰杀一万头计算，可减少三、四十万斤肉的损失。这种秋季大量宰杀肉用牲畜是一举数得的好办法，但需解决及时运输和贮藏的问题。这可以通过增加车辆和建立冷库来加以解决。若尔盖、红原沼泽，利用树木蒸腾量大的特点，在沼泽周围大量种植树木，必将逐步降低沼泽的水位，缩小沼泽的面积并防止沙化。根据树种的生物学特性和适地适树的原则，云杉、紫果云杉、青杉、鳞皮冷杉可作为改造若尔盖、红原沼泽的试验树种。

以上初浅意见是否符合实际，有待实践的检验。

### 参 考 文 献

- (1) 方文培, 1928, 川康植物标本采集记, 科学, 13 (11)。
- (2) 杨玉坡等, 1956, 西南高山地区冷杉、云杉林冠下天然更新的初步观察, 林业科学, 4 期。
- (3) 崔友文, 1958, 四川西部和昌都地区植被调查纪要, 地理学报, 24 (2)。
- (4) 颜济等, 二郎山植被调查报告, 山地农业科学, 1958 (3)。
- (5) AH·A·费多罗夫, 1959, 中国西南的植物区系及其对于认识欧亚植物界的意义, 植物学报, 8 (2)。
- (6) 中苏西南高山林区森林综合考察队, 川西高山林区森林采伐方式和更新技术的综合考察报告, 林业科学, 1958 (5)。
- (7) 吴中伦, 川西高山林区主要树种的分布和对于更新及造林树种规划的意见, 林业科学, 1959 (6)。
- (8) 姜恕, 1960, 四川省西部山地的草甸和森林, 植物学报, 9 (2)。
- (9) 管中天, 1982, 四川松杉植物地理, 四川人民出版社。
- (10) 李文华等, 暗针叶林在欧亚大陆分布的基本规律及其数学模型的研究, 自然资源, 1979 (1)。
- (11) 蒋有绪等, 1963, 川西亚高山暗针叶林的群落特点及其分类原则, 植物生态学与地植物学丛刊, 1 (1—2)。
- (12) 中国科学院西部地区南水北调综合考察队, 1966, 一九五九年中国西部南水北调引水地区植被考察报告, 科学出版社。
- (13) 四川植被协作组, 1980, 四川植被, 四川人民出版社。
- (14) 中国科学院中国植物志编辑委员会, 1978, 中国植物志, 第七卷, 科学出版社。

## THE VEGETATIONAL INVESTIGATION ON THE NORTH HENG-DUAN MOUNTAIN

Li Ding Jia

Chengdu Geography Institute, Academia Sinica

Abstract

A vegetational investigation on the north Hengduan Mountain was carr-

ied out in 1982, and analysis of the data made with reference to the works of previous researchers. In the following, an introduction to the geology, landform, climate and soil of the area is presented and the characteristics of the vegetation there are described horizontally and vertically. Through comparison of the typical vegetation section examples of Siguning Mountain and Qia-  
oer Mountain, the distribution patterns of natural vertical zone vegetation of the north Hengduan Mountain are discussed. Suggestions are forwarded on utilization and reformation of vegetation of north Hengduan Mountain.

## 27. 四川西部地区山地寒温带暗针叶林— 棕色暗针叶林土带的基本特征<sup>①</sup>

钟祥浩

(中国科学院成都地理研究所)

山地寒温带暗针叶林带是构成四川西部山地自然垂直带谱中的一个重要的自然带，一般分布于强烈流水侵蚀作用为主的山体中上部，气候寒冷湿润，土壤一般具有程度不同的酸性淋溶作用为主导过程的成土过程，植被是以冷、云杉林为主的亚高山暗针叶林。但是由于区内地貌条件复杂，气候变化大，土壤变异明显，尽管在水平分布上都表现为山地寒温带暗针叶林带，但其内部结构特征各地则有显著的差异。

### 一、形成条件特点分析

本文讨论的范围为北纬26°—34°和东经95°—105°之间的四川西部山区，在行政区划上包括甘孜、阿坝两个藏族自治州和凉山彝族自治州。因为处于我国亚热带的纬度上，其垂直自然带具有我国亚热带山地的生物气候条件特点。

这里是我国著名的横断山区，山、河呈南北向延伸并依次相间排列，地势由东南往西北升高，这种特殊的地貌格局对水热条件起着明显的再分配作用。

在气候条件上，热量由东往西增高，如从纬度位置大体相同，海拔高度相似的康定、雅江和巴塘气象资料的比较中，可明显看出这一特点，见表1。雨量因受地形的影响而无明显

表1 气候从东往西的变化<sup>②</sup>

| 项<br>目<br>地<br>名 | 海拔高度<br>(米) | 7月均温<br>(℃) | 1月均温<br>(℃) | 年均温<br>(℃) | ≥10℃积<br>温(℃) | 年辐射总<br>量千卡/<br>厘米 <sup>2</sup> | 年降雨量<br>(毫米) | 年平均相<br>对湿度<br>(%) | 资料年代      |
|------------------|-------------|-------------|-------------|------------|---------------|---------------------------------|--------------|--------------------|-----------|
| 康 定              | 2615        | 15.8        | -2.5        | 7.2        | 1546.1        | 113.7                           | 815.7        | 73                 | 1951—1970 |
| 雅 江              | 2924        | 18.3        | 1.2         | 10.7       | 3150.3        | 135.9                           | 748.7        | 58                 | 1960—1970 |
| 巴 塘              | 2589        | 19.5        | 3.6         | 12.4       | 3611.0        | 140.2                           | 516.8        | 47                 | 1959—1970 |

的规律，如分布于东经102°附近的米易、西昌、冕宁、石棉、泸定、丹巴、金川一线，年平均雨量相应为1119、1042、1094、762、647、610和580毫米，呈现递减的趋势；而位于金沙江河谷的得荣、巴塘、白玉、德格至邓柯则出现增加的趋势，其年平均雨量分别为320、516、541、571、520毫米。

区内不同地区山地寒温带的气候特点与它所处基带的气候状况有密切的关系，即热量亦由东往西增高，雨量则减少。从北纬30°附近几个点的气象资料可以得到说明，见表2。从表2中还可看出，该带内的降水对气温有显著的影响。东部降水量大，气温显著偏低，西部

① 文内简称山地寒温带暗针叶林带

② 据中国科学院成都地理研究所

表2 山地寒温带气候资料及其东西变化

| 项<br>目<br>地<br>点 | 海拔高度<br>(米) | 7月均温<br>(℃) | 1月均温<br>(℃) | 年均温<br>(℃) | ≥10℃积<br>温(℃) | 年辐射总<br>量千卡/<br>厘米 <sup>2</sup> | 年降雨量<br>(毫米)       | 年平均相<br>对湿度<br>(%) | 资料年代              |
|------------------|-------------|-------------|-------------|------------|---------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 贡嘎山<br>东坡        | 3200        | 11.0        | -4.5        | 2.5        | 0             | —                               | 1700               | 80                 | 摘自文献 <sup>①</sup> |
| 新都桥              | 3460        | 12.8        | -3.6        | 5.1        | 878           | 146.7                           | 922                | —                  | 1956—1979         |
| 理塘               | 3948        | 10.7        | -6.2        | 3.0        | 343.7         | 144.2                           | 784.9 <sup>①</sup> | 58 <sup>①</sup>    | 1957—1970         |
| 义敦               | 3200        | 14.1        | -3.3        | 5.8        | 1339.4        | —                               | 747.1              | 57                 | 1960—1970         |

① 为1952—1970年13年平均资料

则相反。可见区内山地寒温带的热量指标变化幅度较大,根据区内气象台站资料并结合冷、云杉树种的生态习性,确定出该带的热量指标如下:≥10℃积温值1500—0℃,年平均温度7—0℃,最热月均温15—10℃,生长季(5—10月)月均温10—4℃,最冷月均温0—-6℃。此外,该带内9月至翌年5月一般有降雪,冬季积雪深厚,土壤有季节性冻层的形成。

区内水分的变化主要受山脉的走向和坡向所制约。如龙门山、九顶山、邛崃山、夹金山贡嘎山、小相岭至小凉山一线以东的山地成为来自我国东部和东南部暖湿气流的屏障,降水特别丰富。而大雪山脉西坡、小相岭南坡及大凉山西侧是来自我国西南的印度洋季风的迎风坡,降水亦较丰富,但气流到此已成为强弩之末,水汽含量大为减少,年平均降水量远比前一地区少。沙鲁里山以西的德格、巴塘、得荣一带,由于地形闭塞,印度洋暖湿气流不易深入,所以雨量显得特别少。介于大雪山脉和邛崃山脉之间的大小金川一带的大渡河上游地区,也是降雨较少的地区之一。岷江上游的黑水、松潘一带,夏季特别是盛夏东南季风翻越九顶山、龙门山后,可直抵这一地区,冬季受松潘低压的影响,一般有绵雨,所以这一地区终年相对较湿润。

由此可见,区内降水的区域分布极不均匀,而山地寒温带暗针叶林带内的降水量亦有显著的区域差异。就该带内暗针叶林的生境而言,属于湿润的生态环境,但是从水分地理分布的实际情况及冷、云杉属种的分布及它们群落结构的地区变化来看,该带内的湿润程度有显著的差异。根据降水量和蒸发量之间的关系,可将该带内的湿润度分为三个级别:潮湿(年降水量大于年蒸发量),湿润(年降水量与年蒸发量大体相等)和亚湿润(生长期,降水量大于蒸发量,但年降水量略小于年蒸发量)。

根据气象台站降水与蒸发资料的推算,从宏观上可将区内山地寒温带暗针叶林带划分为三大类型区:(1)潮湿区,主要分布于龙门山、夹金山、贡嘎山至小凉山一线以东;(2)湿润区,包括岷山、邛崃山、大雪山、小相岭、大凉山一线以西和沙鲁里山脉以东的地区;(3)亚湿润区,主要分布于沙鲁里山以西的金沙江流域。在潮湿区,组成暗针叶林的云、冷杉树种较单纯,群落结构也较简单,主要为藓类-冷杉林或箭竹-云、冷杉林。在亚湿润区,云、冷杉树种较单纯,在群落结构上有和潮湿区相似的特点,即亦比较简单,主要为灌木-云、冷杉林。而在湿润区,有介于上述两者过渡性的特征,不论是组成暗针叶林的树种,还是群落结构都比较复杂。



## 二、植被组成及分布特征

组成山地寒温带暗针叶林带的主要植被类型是寒温性针叶林。主要寒温性针叶林包括云杉、冷杉、落叶松及常绿硬叶栎类等，其中分布最广最有代表性的是云杉和冷杉。组成该带暗针叶林的云杉属和冷杉属成分复杂，云、冷杉树种分别多达10种以上，其中云杉林主要建群种有7种，冷杉林主要建群种有6种。它们各自都形成一定的森林类型，即建群种相同的群系。该带内暗针叶林实际上是由云杉林群系组、冷杉林群系组及落叶松林群系组和常绿硬叶栎类林群系组组成。一般说来，区内冷杉林群系组是属于偏湿性的寒温性针叶林，云杉林群系组则属于偏干性的寒温性常绿针叶林，落叶松林群系组和栎类林群系组在对水分的要求上较之云杉林群系组差，即更能适应土壤瘠薄偏干的生境。下面就组成冷杉林群系组和云杉林群系组各主要群系的地理分布叙述如下。

### 1. 冷杉林群系组

冷杉林群系组是以各种冷杉为主要建群种的群系组合，该群系组的优势种一般耐冷湿，喜阴暗多云雾的生境。它集中分布于海拔3400—4000米的中山上部的阴坡。由于组成各群系建群种的生态特性有一定的差异，因此它们在水平和垂直方向上的分布及其相应的伴生树种有所不同。区内冷杉林群系组主要有如下群系组成：鳞皮冷杉林群系、岷江冷杉林群系、长苞冷杉林群系、峨眉冷杉林群系、川滇冷杉林群系等。这些群系都各自有其相对集中的分布区和分布高度。

**鳞皮冷杉林群系** 建群种鳞皮冷杉 (*Abies squamata*) 是冷杉属中较耐干寒的树种，它集中分布于亚湿润区，混生于大雪山脉以西雅砻江中游流域的湿润区。在垂直分布上集中于海拔3600—4200米的阴坡。

**岷江冷杉林群系** 建群种岷江冷杉 (*Abies faxoniana*) 对水分的要求较鳞皮冷杉高，它集中分布于岷江中上游的湿润区，在垂直方向上集中于海拔2800—3800米，它常与紫果云杉 (*Picea purpurea*) 组成混交林。

**峨眉冷杉林群系** 建群种峨眉冷杉 (*Abies fabri*) 是区内冷杉属中最喜阴湿的树种。它集中分布区内的潮湿区，在夹金山东南坡、大相岭东北坡及贡嘎山东坡和小凉山有大面积纯林，在垂直分布上集中于海拔2800—3600米。林下藓类地被物十分发育，呈藓类-冷杉林群落简单结构。在海拔2800米左右，多与油麦吊云杉混交。

**川滇冷杉林群系** 川滇冷杉 (*Abies forrestii*) 对水分的要求较峨眉冷杉差，多出现于小相岭以南和大凉山以西的湿润区，在冕宁、越西及九龙和木里一带有较集中的分布。在垂直分布上多集中于海拔3200—4000米，其在九龙鸡丑山和瓦灰山南坡分布达海拔4300米。

**长苞冷杉林群系** 长苞冷杉 (*Abies georgei*) 在生态特性上较耐寒，它主要分布于乡城、稻城及九龙县以南的木里和盐源一带，其分布高度集中于海拔3600—4200米，主要与急尖苞冷杉 (*A. georgei* var.) 和丽江云杉混交。

### 2. 云杉林群系组

云杉林群系组是以各种云杉为主要建群种的群系组合。该群系组的优势种一般分布于光照条件较好，水分条件较冷杉林差的阴坡和半阴坡，其海拔高度集中于2600—4300米，可见其垂直分布幅度比冷杉林群系组宽。由于组成各群系建群种的生态特性有明显的差异，因此它们在水平和垂直方向上的分布及其相应的伴生种有所不同。区内云杉林群系组主要由如

下群系组成：川西云杉林群系、紫果云杉林群系、油麦吊云杉林群系、麦吊杉林群系和丽江云杉林群系。这些群系都各自有其相对集中的分布区和分布高度。

川西云杉林群系 建群种川西云杉 (*Picea likiangensis*) 较耐干旱寒冷，它集中分布于区内的亚湿润区及大雪山脉以西的炉霍、道孚、雅江、理塘的湿润区，主要与鳞皮冷杉混交分布。在垂直分布上，集中于海拔3500—4300米的阴坡和半阴坡，并多出现川西云杉位于鳞皮冷杉之上的现象。在翁达、仁达和新龙一线以南多与鳞皮冷杉混交，在此线以北则多以纯林形式出现。

紫果云杉林群系 建群种紫果云杉 (*Picea purpurea*) 对水分要求较前者稍高，其林下藓类覆盖度可达70—80%。它集中分布于区内东北部南坪、松潘、黑水及大小金川一带的湿润区。在垂直分布上，主要在海拔3000—4000米，并多与岷江冷杉混交。

油麦吊云杉林群系 油麦吊云杉 (*Picea brachytyla*) 是区内云杉属中较喜湿的种类，因此主要分布于区内的潮湿区，与峨眉冷杉分布范围大体相似，其垂直分布高度集中于海拔2800—3200米。多与峨眉冷杉混交。林下藓类较发育，覆盖度可达90%以上。

麦吊杉林群系 麦吊杉 (*Picea brachytyla pritz.*) 主要分布于区内东北部的平武、南坪一带。垂直分布上集中于海拔2600—3200米，多与岷江冷杉混交，林下地被物覆盖度较油麦吊云杉林下少。

丽江云杉林群系 丽江云杉 (*Picea likiangensis*) 较耐干旱，主要分布于木里为中心的雅砻江下游地区，集中于海拔3400—4200米，最高可达海拔4500米，多与长苞冷杉、急尖苞冷杉及鳞皮冷杉混交。

### 三、土壤的发生及其分布特征

生物气候条件对土壤发生和分布起着主导的积极作用。该带内成土过程特点总的表现为腐殖质的累积及酸性淋溶作用比较明显，凋落物中的盐基含量低，交换性阳离子含量及盐基饱和度均不高。凋落物层下面的腐殖质层有不同程度的分化，呈现  $A_0-A_1-A_2-B-C$ ， $A_0-A_1A_2-B-C$ ， $A_0-A_1A'-B-C$ ①等形式，亦即具有不同程度的灰化特征或迹象。我们把这一特定的亚热带西南山地寒温带暗针叶林下的成土过程称之为山地棕色暗针叶林土成土过程，其相应形成的土类为山地棕色暗针叶林土，是该自然带内代表性土类。

但是，前已述及，该带内的水、热条件区域差异明显，并由此引起带内不同地区植被组成，特别是优势种—云、冷杉为主所形成的森林类型及相应的伴生种在水平和垂直方向上均有显著的变化。所以，土壤的发生也出现相应的变化。根据生物气候条件的局部地区变化，土壤剖面形态特征及土壤理化分析资料，可将山地棕色暗针叶林土划分为三个亚类：即山地棕色暗叶林土、山地灰棕壤和山地灰化土。

现将各亚类土壤的基本特征及其地理分布叙述如下。

#### 1. 山地棕色暗针林土

其典型的土壤剖面形态特征是枯枝落叶层下，出现具灰化迹象的棕灰色或褐灰色的腐殖质层，剖面组合为  $A_{00}-A_0-A_1A_2-B-C$  型，B 层多呈核粒状或稜块状结构，质地较重。表层见泥炭质层，剖面终年呈重湿和湿的状态。

①  $A'$  有轻度的灰化迹象

其剖面理化性质如表 3。

表 3 山地棕色暗针叶林土理化性质

| 采样深度<br>(厘米)                                          | 发<br>生<br>层<br>次              | 有<br>机<br>质<br>(%) | pH               |     | 代 盐<br>换 基<br>性 总<br>性 量<br>me/100<br>克土 | 代 换<br>性 酸<br>me/100<br>克土 | 水<br>解<br>性 酸<br>me/100<br>克土 | 盐 和<br>基 饱<br>度<br>(%) | 物 砂<br>理 性<br>粒 性<br>%<br>>0.01<br>毫米 | 物 粘<br>理 性<br>粒 性<br>%<br><0.01<br>毫米 |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------|------------------|-----|------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
|                                                       |                               |                    | H <sub>2</sub> O | KCl |                                          |                            |                               |                        |                                       |                                       |
| 26-03 九龙汤古四大牛场, 海拔3800米, 坡向: 北, 坡度18°, 板岩、花岗岩, 藓类-冷杉林 |                               |                    |                  |     |                                          |                            |                               |                        |                                       |                                       |
| 0—10                                                  | A <sub>0</sub> A <sub>1</sub> |                    | 4.8              | 4.7 |                                          |                            |                               |                        |                                       |                                       |
| 10—18                                                 | A <sub>2</sub>                | 16.40              | 4.0              | 3.4 | 6.04                                     | 12.78                      | 34.82                         | 14.78                  | 68.31                                 | 31.69                                 |
| 18—34                                                 | B <sub>1</sub>                | 5.60               | 4.6              | 4.3 | 4.13                                     | 3.77                       | 19.20                         | 17.70                  | 66.41                                 | 33.59                                 |
| 34—67                                                 | B <sub>2</sub>                | 2.85               | 5.0              | 4.8 | 4.95                                     | 0.48                       | 6.64                          | 42.71                  | 66.72                                 | 33.28                                 |
| 67—105                                                | C                             | 1.52               | 5.2              | 4.9 | 4.16                                     | 0.36                       | 4.34                          | 48.94                  | 69.36                                 | 30.64                                 |

6-04①, 新龙县甲拉溪沟, 海拔4150米, 坡向: 北, 坡度35°, 板岩, 杜鹃-冷杉林

|       |                               |      |     |     |      |       |       |       |       |       |
|-------|-------------------------------|------|-----|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0—4   | A <sub>0</sub>                |      | 4.9 | 4.8 | —    | —     | —     | —     |       |       |
| 4—20  | A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> | 6.77 | 4.2 | 3.4 | 4.31 | 13.28 | 36.62 | 10.53 | 70.57 | 29.43 |
| 20—55 | B <sub>1</sub>                | 3.04 | 4.6 | 4.0 | 3.96 | 7.76  | 25.97 | 13.29 | 66.21 | 33.79 |
| 55—92 | C                             | 2.67 | 5.8 | 4.8 | 4.70 | 0.98  | 8.42  | 35.82 | 76.53 | 23.47 |

① 四川省林业厅勘测设计院, 四川省森林土壤的地理分布及其生产特性, 1963 (内部)

从表 3 看出, 该土类的主要特征如下: (1) 土壤呈酸性至强酸性, pH 4.0—5.0; (2) 具灰化迹象的发生层中, 水解性酸含量较高, 呈强酸性反应, 盐基饱和度很低, 代换性酸高。

该土类在区内广泛分布, 主要分布于湿润区的亚湿润区的阴坡冷杉林下和阴坡或半阴坡的冷、云杉混交林下, 群落结构一般为藓类-灌木-冷杉林或云、冷杉林。在垂直分布上多出现于海拔3400—4000米, 沙鲁里山脉及其西侧偏高, 大雪山脉以东地区偏低。一般说来位于山地灰棕壤和山地灰化土之上, 但实际情况很复杂, 它们常以犬牙交错或相互嵌入的形式出现; 在区内东部地区它常与山地灰化土交错分布, 在区内西部地区则与山地棕壤或暗棕壤呈相互嵌入的形式出现。

## 2. 山地灰棕壤

该土类与山地暗棕壤不同点在于形成条件中的生物条件以针叶林为主, 没有象水平地带的那种阔叶林, 所以枯枝落叶物中灰分元素含量低, 不利于暗棕壤化过程的形成。

其剖面形态特征, 在腐殖层下出现灰化痕迹的棕色、暗棕色层, 灰化程度比前一土类弱, 土壤湿润程度高, 终年呈湿至重湿状态, B层多呈粒状及核粒状, 剖面分化不甚明显, 其剖面组合为A<sub>0</sub>-A<sub>1</sub>A'-B-C型, 表层腐殖质明显聚积。

其剖面理化性质如表 4。

表 4 山 地 灰 棕 壤 理 化 性 质

| 采样深度<br>(厘米) | 发生层 | 有机质<br>(%) | pH               |     | 代换性<br>盐基总量<br>me/<br>100克土 | 代换性酸<br>me/<br>100克土 | 盐基饱<br>和度<br>(%) | 阳离子<br>交换量<br>me/<br>100克土 | SiO <sub>2</sub><br>(%) | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>(%) | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>(%) | CaO<br>(%) | MgO<br>(%) | 颗粒含量 % |        |
|--------------|-----|------------|------------------|-----|-----------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------|------------|--------|--------|
|              |     |            | H <sub>2</sub> O | KCl |                             |                      |                  |                            |                         |                                       |                                       |            |            | <0.01  | <0.001 |

卧008 卧龙臭水沟左侧山脊, 坡向: 北, 坡度: 10°, 海拔2950米, 变质板岩, 箭竹-冷杉林

|       |                   |       |      |      |      |      |       |      |       |       |       |      |      |   |   |
|-------|-------------------|-------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|---|---|
| 0—20  | A <sub>0</sub>    |       |      |      |      |      |       |      |       |       |       |      |      |   |   |
| 20—47 | A <sub>1</sub> A' | 10.86 | 5.20 | 4.10 | 2.08 | 4.86 | 21.31 | 9.8  | 23.40 | 53.52 | 18.24 | 0.48 | 2.47 | — | — |
| 47—60 | B <sub>1</sub>    | 9.67  | 5.25 | 4.15 | 1.87 | 4.96 | 24.57 | 7.6  | 26.44 | 54.14 | 18.10 | 0.36 | 2.17 | — | — |
| 60—87 | B <sub>2</sub>    | 8.89  | 5.30 | 4.10 | 7.28 | 2.58 | 9.67  | 75.3 | 16.95 | 54.80 | 19.23 | 0.38 | 2.00 | — | — |
| 87—95 | C                 | 7.91  | 5.30 | 4.20 | 7.70 | 4.45 | 10.78 | 71.4 | 18.48 | 54.52 | 20.21 | 0.38 | 2.15 | — | — |

61-02①, 雅砻江左岸山地 海拔3800米, 坡向: 东北, 坡度38°, 泥质板岩, 砂质板岩, 灌木-云杉林

|         |                   |       |      |      |       |      |       |       |   |   |   |   |   |       |       |
|---------|-------------------|-------|------|------|-------|------|-------|-------|---|---|---|---|---|-------|-------|
| 0—4     | A <sub>0</sub>    |       |      |      |       |      |       |       |   |   |   |   |   |       |       |
| 4—18    | A <sub>1</sub> A' | 12.74 | 5.60 | 5.00 | 20.67 | 0.27 | 12.46 | 62.39 | — | — | — | — | — | 30.89 | 10.02 |
| 18—54   | B <sub>1</sub>    | 6.32  | 5.00 | 4.40 | 9.22  | 1.28 | 12.49 | 42.47 | — | — | — | — | — | 31.37 | 11.48 |
| 54—113  | B <sub>2</sub>    | 2.45  | 6.40 | 5.60 | 12.33 | 0.05 | 2.28  | 84.29 | — | — | — | — | — | 50.49 | 17.51 |
| 113—157 | C                 |       | 6.80 | 6.20 | 8.81  | 0.02 | 1.51  | 85.37 | — | — | — | — | — | 45.81 | 17.10 |

① 同第14页脚注

贡东-3 贡嘎山东坡新店子, 海拔2900米, 坡向: 南, 坡度: 5°—10°, 花岗岩冰碛物 冷箭竹-云杉和冷杉

|        |                  |       |      |      |      |      |       |       |   |       |       |       |   |      |     |
|--------|------------------|-------|------|------|------|------|-------|-------|---|-------|-------|-------|---|------|-----|
| 0—15   | A <sub>1</sub>   | 21.59 | 4.80 | 4.00 | 7.18 | 1.34 | 18.11 | 28.39 | — | 50.70 | 7.87  | 9.42  | — | 8.0  | 1.1 |
| 15—25  | A <sub>1</sub> B | 11.15 | 4.98 | 4.28 | 3.95 | 1.65 | 11.85 | 25.00 | — | 51.58 | 13.08 | 14.28 | — | 3.0  | 0.6 |
| 25—85  | B                | 4.61  | 5.05 | 4.40 | 3.08 | 0.78 | 6.49  | 32.18 | — | 60.60 | 10.22 | 14.62 | — | 9.54 | 1.5 |
| 85—105 | BC               | 3.60  | 5.32 | 4.46 | 1.97 | 0.48 | 6.48  | 23.31 | — | 67.28 | 4.22  | 14.28 | — | 2.90 | 0.5 |

表5 山地灰化土理化性质

| 采样深度<br>(厘米) | 发 生 层 | pH               |     | 有 机 质<br>(%) | 代 换 性 酸 | 水 解 性 酸 | 代 基 总 量 | 盐 基 饱 和 度 | 烧 失 量 | (%) |  |  |  |  | SiO <sub>2</sub> /<br>Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> /<br>Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> /<br>Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> /<br>R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 颗粒 (毫米)<br>含 量 |  |
|--------------|-------|------------------|-----|--------------|---------|---------|---------|-----------|-------|-----|--|--|--|--|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------|--|
|              |       |                  |     |              |         |         |         |           |       |     |  |  |  |  |                                                      |                                                      |                                                      |                                                     |                |  |
|              |       | H <sub>2</sub> O | KCl |              |         |         |         |           |       |     |  |  |  |  |                                                      |                                                      |                                                      |                                                     |                |  |

贡东-5, 磨西河上游草坪子冰碛台地, 海拔3500米, 坡向: 东, 坡度: 5°—10°, 冰碛物, 苔藓-冷杉林

|       |                |      |      |       |      |       |      |      |       |       |       |       |      |        |       |  |  |  |      |     |
|-------|----------------|------|------|-------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|--------|-------|--|--|--|------|-----|
| 0—10  | A <sub>1</sub> | 3.65 | 2.95 | 38.96 | 5.15 | 42.61 | 2.58 | 5.84 | 52.17 | 35.63 | 6.29  | 1.72  | 9.6  | 55.10  | 8.19  |  |  |  |      |     |
| 10—25 | A <sub>2</sub> | 3.96 | 3.18 | 2.26  | 5.55 | 40.83 | 2.00 | 4.67 | 2.76  | 67.14 | 10.71 | 0.34  | 10.6 | 525.22 | 11.05 |  |  |  | 14.6 | 2.0 |
| 25—45 | B              | 4.30 | 3.72 | 19.36 | 8.90 | 34.04 | 1.55 | 4.36 | 32.97 | 43.20 | 12.68 | 10.30 | 5.7  | 11.16  | 3.81  |  |  |  | 10.0 | 1.5 |

№ 2001, 四川马尔康, 海拔3750米, 坡向: 西北, 坡度: 25°, 古生代片岩, 藓类-杜鹃-冷杉林<sup>(5)</sup>

|       |                                |     |     |      |      |       |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |       |       |
|-------|--------------------------------|-----|-----|------|------|-------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|-------|
| 0—11  | A <sub>0</sub> A' <sub>0</sub> | 4.8 | 4.4 |      | —    | 50.49 | —    | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | —     | —     |
| 11—30 | A <sub>2</sub>                 | 4.6 | 3.4 | 7.31 | 8.85 | 21.27 | 0.95 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 58.28 | 24.52 |
| 30—42 | A <sub>2</sub> B               | 4.6 | 3.6 | 5.02 | 7.36 | 17.55 | 微    | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 56.37 | 23.70 |
| 42—57 | B                              | 5.0 | 4.0 | 4.20 | 3.44 | 14.15 | 0.39 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 43.63 | 19.62 |
| 57—73 | BC                             | 5.2 | 4.5 | 2.17 | 0.49 | 6.48  | 0.18 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 29.40 | 10.21 |

№ 7006, 四川木里勒日, 海拔3800米, 坡向: 西北, 坡度: 22°, 板岩, 藓类-冷杉林<sup>(5)</sup>

|        |                  |     |     |      |   |       |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |     |
|--------|------------------|-----|-----|------|---|-------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------|-----|
| 0—8    | A <sub>0</sub>   | 4.2 | 4.0 | —    | — | —     | —    | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | —    | —   |
| 8—8    | A <sub>0</sub> ' | 4.6 | 3.6 | —    | — | —     | 8.05 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | —    | —   |
| 8—35   | A <sub>2</sub>   | 4.4 | 3.6 | 2.86 | — | 17.80 | 0.85 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 32.4 | 4.8 |
| 35—48  | B <sub>1</sub>   | 4.4 | 4.2 | 5.98 | — | 26.02 | 2.55 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 14.4 | 5.4 |
| 48—61  | B <sub>2</sub>   | 6.0 | 4.7 | 2.88 | — | 10.17 | 1.00 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 18.8 | 3.8 |
| 61—114 | C                | 6.0 | 5.0 | —    | — | 6.18  | 3.55 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 24.4 | 6.8 |

从表 4 看出, 该土类呈酸性至弱酸性反应,  $\text{pH} 5.2-6.5$ , 腐殖质层下的棕色或暗棕色层  $\text{pH}$  比上下层低, 水解性酸高, 代换性盐基总量及盐基饱和度均显著偏低, 卧 008 呈极不饱和状态。表层腐殖质较高, 剖面出现铁移动现象, 粘粒含量 B 层中有明显增加。

该土类在区内主要分布于东部潮湿区, 即主要分布于岷山、龙门山、邛崃山、夹金山、贡嘎山、小凉山一线以东的麦吊杉林、油麦吊云杉林下及它们与岷江冷杉和峨眉冷杉的混交林下, 在垂直位置上处于山地灰化土或山地棕色暗针叶林土之下, 其海拔多见于 2600—3200 (3400) 米。该分布区内, 降水丰富, 温度条件较高, 处于温带与寒温带的过渡带上。

### 3. 山地灰化土

冷杉林, 特别是苔藓-冷杉林或苔藓-杜鹃-冷杉林是山地灰化土形成的必要条件, 因为它为灰化土的产生创造如下条件: (1) 形成极大吸水性和蓄水性的藓类地被物层, 它是产生土壤淋溶作用的动力; (2) 有机质的大量累积, 而且分解很慢, 由此而形成过量的腐殖酸使土壤处于强酸性环境; (3) 凋落物盐基含量低, 而硅含量相对高, 它有利于灰化过程的形成。

该土类剖面形态特征是地被物层很厚, 凋落物层厚, 一般都在 5 厘米以上, 多呈半分解状态; 其下为暗棕色腐殖层, 紧接着是灰白色的灰化层, 再下是棕色或锈褐色并含有铁结核和铁粘磐的淀积层, 其剖面组合为  $A_{00}-A_0-A_1-A_2-B-C$  型。

该土类的理化性质如表 5。

从表 5 看出, 该土类呈强酸性反应,  $\text{pH} < 4.0$ , 水解性酸高达 34—42 毫克当量/100 克土, 表层腐殖质显著聚积, 而  $A_2$  层强烈淋溶, 淀积层明显积累, 含量高达 19.36%, 盐基极度不饱和, 只有 2 毫克当量/100 克土, 具有明显的灰化层, 该层中  $\text{SiO}_2$  累积量高, 而  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  大为减少, 硅铁率高达 525.22, 表明铁遭受强烈淋溶, 而铝淋溶相对弱。

该土类主要分布于夹金山东南坡, 大相岭东北坡, 贡嘎山东坡的藓类-冷杉林下, 海拔高度为 3200—3700 米。在大雪山脉以西及小相岭以南的广大地区只局部出现于阴坡苔藓-冷杉林或杜鹃-冷杉林下, 其海拔较西部湿润区高, 为 3600—4000 米。区内冷杉林广泛分布, 但并不是所有冷杉林下都能发育灰化土, 因为地表坡度, 岩性及地被覆盖物对其发生过程起着重要的支配作用。

## 四、结 语

山地寒温带暗针叶林带在横断山区分布面积甚广, 在该区垂直自然带谱中占有重要位置。其中龙门山、九顶山、巴朗山、夹金山、贡嘎山、鸡丑山 (九龙县北部) 至木里县北部一线以北地区, 基带为半湿润、半干旱的暖温带-温带河谷灌丛草地带, 作为该地区垂直自然带谱中的优势带是山地寒温带暗针叶林带。其带幅宽度达 1000 米左右, 最低界限海拔 3000 米, 最高界限海拔抵达 4300—4500 米, 呈现出由东北往西南和从东往西增高的趋势。在该地区以南, 基带为湿润亚热带常绿阔叶林带, 它在该地区的垂直自然带谱中占有较重要的位置, 而山地寒温带暗针叶林带降为较次要的地位, 其带幅宽一般为 500—1000 米, 分布下限海拔为 2800 米, 上限一般为 3800 米。但是该区内西南部的木里、九龙县一带, 其带幅介于 3200—4200 (4300) 米, 亦表现出由东北往西南升高的趋势。

产生上述现象的原因是纬度和地形所引起的温度和水分的变化。温度和水分 (为植物所能利用的部分) 及其两者之间的季节变化和昼夜变化是影响该带分布的决定性因素。因此,

为进一步地研究山地寒温带暗针叶林带的分布特征及其内部结构的变化, 需要深入研究热水组合关系的时空变化规律。

### 参 考 文 献

- (1) 四川植被协作组, 1980, 四川植被, 四川人民出版社。
- (2) 管仲天, 1982, 四川松杉植物地理, 四川人民出版社。
- (3) 中国科学院南京土壤研究所, 1978, 中国土壤, 科学出版社。
- (4) 李德融、朱鹏飞, 1965, 关于四川省森林土壤地理分区的初步研究, 土壤学报, 13(3)
- (5) 刘寿波, 1960, 横断山脉的高山灰化土, 土壤学报, 8(2)。
- (6) 钟祥浩、郑远昌, 1983, 贡嘎山地区垂直自然带初探, 贡嘎山地理, 科学技术文献出版社重庆分社。

## CHARACTERISTICS OF MOUNTAIN COLD-TEMPERATE DARK CONIFEROUS FOREST—BROWN DARK CONIFEROUS FOR- EST SOIL ZONE OF WESTERN REGION IN SICHUAN

Zhong Xianghao

Chengdu Geography Institute, Academia Sinica

Abstract

Mountain cold-temperate dark coniferous forest zone is an important natural zonation of vertical natural spectra of western mountains in Sichuan. The main properties of ecological environmental conditions in this zone are cold and wet. Its temperature indexes are as follows: The accumulated temperature value for  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  is 1500— $0^{\circ}\text{C}$ . The average temperature of July is 15— $10^{\circ}\text{C}$ . The average temperature of January is 0— $6^{\circ}\text{C}$ . The annual rainfall is 700—2000 mm. As the geomorphological landforms in this region are very complex, the differences of geographical distribution of temperatures and rainfalls are quite marked. The temperature increases from east to west and from northeast to southwest, while the reverse is true of the annual rainfalls. These lead to the differentiations of vegetation and soil on the level plane. East of Mount Jia Jin and Mount Da Xiang Ling, the main species of dark coniferous forest are *Abies fabri* and *Picea brachytyla*, the main cover types are *Abies fabri* forest and *Picea brachytyla* forest. The ecological environmental property of the region is heavy moist. The cover plant on the ground is well developed, and soil leaching strong. West of Mount Sha Lu Li, the main species of dark coniferous forest are *Abies squamata* and *Picea likiangensis*. The ecological environmental property of this region is drier than the east region. The leached action of soil base is mild. In the middle part of the basin of Dadu river and Yia long river, the vegetation and soil in this zone are of transitional characteristics. The species of spruce and fir are of a wide variety. The soil genesis and distribution is very complex.

The cold-temperate coniferous forest in this region is mainly composed of the following community of systemic groups: spruce forest, fir forest, larch forest and oak forest. The soil in this region may be divided into three subgroup: 1) Mountain brown dark coniferous forest soil, 2) Mountain gray-brown forest soil, 3) Mountain podzolic soil. Their common characteristics are: A lot of litter and humus accumulates on surface horizon; leached action with acid humufucation is marked; the phenomena of differentiation appears on the horizon; the degree of base saturation is very low. These represent fully the characteristics of the soil formation process at mountain cold-temperate dark coniferous forest zone. The soil type at this zone is called mountain brown dark coniferous forest soil.



## 28. 贡嘎山冰川的考察研究<sup>①</sup>

冯兆东 姚檀栋 李吉均 宋明琨

(兰州大学地理系)

### 一、冰川发育的有利条件

贡嘎山是大雪山的主峰。本区地势高而陡峻, 6000米以上的山峰有28座, 5000米以上的山体占本区总面积的1/6, 高差悬殊, 山坡多在30度以上, 为雪崩提供了良好的条件(表1)。

表1 贡嘎山地区冰川发育地形概况

| 海拔(米)      | 冰川面积<br>(平方公里) | 无冰面积百分比<br>(%) | 雪崩区面积比例<br>(%) |
|------------|----------------|----------------|----------------|
| 7000以上     | 2              | 100            | 100            |
| 6000以上     | 16             | 60             | 85             |
| 5500以上     | 111            | 48             | 71             |
| 5000以上     | 320            | 20             | 48             |
| 5000以下(冰舌) | 125            |                |                |

表2 贡嘎寺、康定, 气温、降水对比表

| 地 点              | 项 目    | 时 间   |       |      |       |
|------------------|--------|-------|-------|------|-------|
|                  |        | 六月    | 七月    | 八月   | 九月    |
| 康 定              | 气温(℃)  | 11.2  | 14.5  | 15.7 | 10.4  |
|                  | 降水(毫米) | 207.3 | 151.5 | 50.6 | 215.6 |
| 贡嘎寺 <sup>②</sup> | 气温(℃)  | 6.5   | 9.0   | 9.6  | 6.1   |
|                  | 降水(毫米) | 174.7 | 278   | 75   | 222.4 |

② 贡嘎寺6月份资料为4—30日的

本区冬半年主要受高空西风环流南支急流的控制, 11—3月很少降水, 天气晴朗。春末夏初湿热的太平洋东南季风和印度洋西南季风影响本区, 雨季开始。9月西南季风更强烈地侵入本区, 开始了第二降水盛季。

我们将西坡贡嘎寺(3700米)6—9月的资料与康定同期资料作了对比, 发现二者具有很好的相关性。表2所表明的两个地点的气温和降水的相互关系和变化规律是我们推论表3、4的基础。由此推算得贡嘎山东坡雪线(4900米)气温4.4℃。西坡(5000米) - 5℃。由表4可见, 4000米上下各季的降水并不同步变化, 这可能是不同月份凝结高度有变化的缘故。另外可以推论出, 贡嘎山有两个降雨带, 一是由河谷来的水汽所致, 主要在4500米以下降

① 四川甘孜州气象局胡永胜同志参加了部分工作

表3 贡嘎山相邻台站气象资料对比

| 地 点 | 海 拔 (米) | 平均气温<br>(°C) | 年降水量<br>(毫米) | ≥10°C<br>积温 | 备 注     |
|-----|---------|--------------|--------------|-------------|---------|
| 新都桥 | 3460    | 5.1          | 947          | 878         | 20年资料   |
| 康 定 | 2615    | 7.2          | 798          | 1546        | 20年资料   |
| 泸 定 | 1321    | 15.6         | 647          | 4768        | 20年资料   |
| 磨 西 | 1600    | 12.8         | 1040         |             | 1978—80 |
| 花 山 | 3600    | 3.0          | 1250         |             | 1981    |
| 贡嘎寺 | 3700    | 2.4          | 1180         |             | 1982    |

表4 贡嘎山及相邻台站气温降水变化

| 区 间      | 高度区间 (米)  | 气温梯度<br>(°C/100米) | 年降水梯度<br>(毫米/100米) | 备 注       |
|----------|-----------|-------------------|--------------------|-----------|
| 泸定—磨西    | 1321-1600 | 0.87              | 105                | 递增为正 (降水) |
| 泸定—康定    | 1321-2615 | 0.67              | 13                 |           |
| 磨西—康定    | 1600-2615 | 0.53              | -20                | 递减为负 (降水) |
| 康定—新都桥   | 2615-3460 | 0.25              | 18                 | 此二点位于东西二坡 |
| 磨西—花山    | 1600-3600 | 0.6               | 5                  |           |
| 康定—贡嘎寺   | 2615-3700 | 0.54              | 38                 |           |
| 贡嘎寺—小贡巴  | 3700-4200 | 0.54              | -72                | 1982.9    |
| 小贡巴—雪线以上 | 4200-6000 | 0.54              | 250                | 1982.10   |

水；另一水汽来源于高原面，在山顶形成降水云团。无疑这第二降水带对冰川补给起着更重要的作用。这里冰川成群分布，强化了局地环流，使降水增多，这也是冰川发育的自反馈有利条件，如磨西降水之多即起因于此。

## 二、冰 川 雪 线

地球上的雪线高度首先是由纬度确定的。同纬度的冰川雪线由其所处的气候环境确定，所以雪线高度往往能准确地标明冰川的性质。大量的固态降水使冷储聚增（值得注意80卡的相变潜热），冰舌下伸，以求冰量平衡；雪线下降，以求雪量平衡。例如，珠穆朗玛峰北坡雪线5800—6200米，雪线处气温低于-6°C，降水600毫米，而在西藏东南部雪线4600—4800米，雪线处气温-2—-3°C，降水3000毫米左右。看起来，相近纬度，即气温变化差别不大时，雪线的高度由降水确定，雪线处的气温差别是由降水多寡导致的雪线高度大小所引起的。

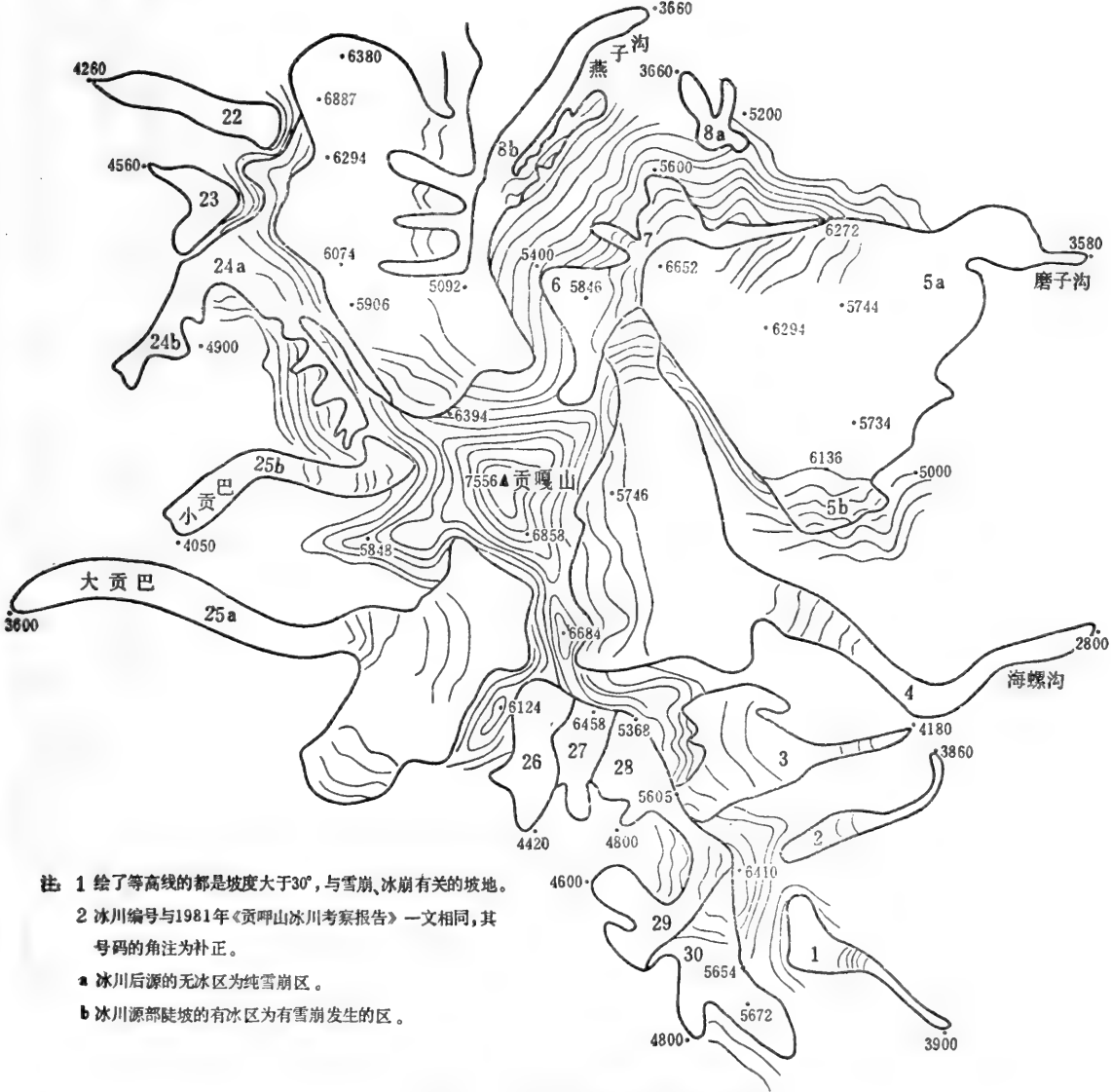
雪线的本质是降雪冷储能 $E$ 和用于消融的环境输能 $E'$ 相等，或者说是冰川系统与环境系统的熵平衡点。 $E$ 与年降水量 $r$ ，平均气温 $t$ 的关系为：

$$E = (0.5 |t| + 80) r$$

以全球冰川雪线处 $E$ 的极大值40千卡为基数，求出各冰川 $E$ 的比较参数，可称之为冰川的海洋性参数 $m$ ， $m$ 大则冰川的海洋性强。这样划分冰川性质可以避免由严格的数字界限引起的分歧（见表5）。

表 5 冰川雪线处能量平衡特征

| 冰川名称      | 雪线（米） | 雪线气温（℃） | 能量平衡E（卡） | 雪线降水（毫米） | 海洋性参数 <sub>m</sub> | 已定冰川性质 |
|-----------|-------|---------|----------|----------|--------------------|--------|
| 若 果       | 4500  | - 3     | 22000    | 2700     | 0.55               | 海 洋 性  |
| 阿 扎       | 4600  | - 2     | 20250    | 2500     | 0.51               | 海 洋 性  |
| 巴 托 拉     | 5100  | - 5     | 11550    | 1500     | 0.29               | 复 合 性  |
| 绒 布       | 6000  | - 8     | 5460     | 700      | 0.11               | 大 陆 性  |
| 老虎沟 20 号  | 5000  | - 13    | 2595     | 300      | 0.07               | 大 陆 性  |
| 乌鲁木齐河 1 号 | 4070  | - 10    | 4515     | 580      | 0.11               | 大 陆 性  |



注：1 绘了等高线的都是坡度大于30°，与雪崩、冰崩有关的坡地。  
2 冰川编号与1981年《贡嘎山冰川考察报告》一文相同，其号码的角注为补正。  
a 冰川后源的无冰区为纯雪崩区。  
b 冰川源部陡坡的有冰区为有雪崩发生的区。

图 1 贡嘎山冰川的基本特征与地形的关系

表6 贡嘎山一些冰川补给区的基本特征

| 冰川号   | 山峰高<br>(米) | 冰舌高<br>(米) | 面积<br>(平方公里) | 冰川类型 | 冰川长度<br>(公里) | 雪线高度<br>(米) | 5000—5500    |     |                           | 5500—6000 |                        |    | 6000—6500    |    |              | 6500以上 |  |  |  |
|-------|------------|------------|--------------|------|--------------|-------------|--------------|-----|---------------------------|-----------|------------------------|----|--------------|----|--------------|--------|--|--|--|
|       |            |            |              |      |              |             | 面积<br>(平方公里) | 坡度  | 面积<br>(平方公里)              | 坡度        | 面积<br>(平方公里)           | 坡度 | 面积<br>(平方公里) | 坡度 | 面积<br>(平方公里) | 坡度     |  |  |  |
| 东 1   | 6400       | 3920       | 3.5          | 山谷   | 5.2          | 4800        | 1.5          | 18° | 以上无冰, 面积3平方公里, 坡度65°      |           |                        |    |              |    |              |        |  |  |  |
| 2     | 6400       | 3860       | 2.9          | 山谷   | 4.3          | 4900        | 0.5          | 20° | 以上无冰, 面积1.5平方公里, 坡度65°    |           |                        |    |              |    |              |        |  |  |  |
| 3     | 6400       | 4260       | 6.3          | 山谷   | 4.5          | 5050        | 2.5          | 24° | 以上无冰, 面积2.5平方公里, 坡度65°    |           |                        |    |              |    |              |        |  |  |  |
| 4     | 7500       | 2880       | 28.9         | 山谷   | 14.5         | 4900        | 12           | 5°  | 8                         | 35        | 无冰区面积3平方公里, 坡度65°      |    |              |    |              |        |  |  |  |
| 5     | 6600       | 3580       | 32.7         | 山谷   | 9.1          | 5020        | 8            | 5°  | 20                        | 10        | 4                      | 50 |              |    |              |        |  |  |  |
| 6     | 6500       | 5400       | 9.9          | 悬    | 1.8          | 5400        |              |     | 48                        | 50        | 1.5                    | 50 |              |    |              |        |  |  |  |
| 7     | 6500       | 5320       | 3.5          | 冰斗   | 2.1          | 5300        | 0.5          | 20° | 0.6                       | 25        | 1.4                    | 35 |              |    |              |        |  |  |  |
| 8a    | 6800       | 4300       | 2.5          | 山谷   | 2.0          | 4900        | 1            | 10° | 以上无冰, 面积0.5平方公里, 坡度35°    |           |                        |    |              |    |              |        |  |  |  |
| 8b    | 6800       | 3660       | 7.7          | 山谷   | 10.7         | 5000        | 3            | 40° | 2                         | 20        | 1.5                    | 25 |              |    |              |        |  |  |  |
| 15a   | 6600       | 3850       | 1.9          | 山谷   | 4.8          | 4950        |              |     | 冰川上限4600米, 面积4平方公里, 坡度55° |           |                        |    |              |    |              |        |  |  |  |
| 15b   | 6500       | 3470       | 6.4          | 山谷   | 10.2         | 4950        | 4            | 30° | 1                         | 40        | 0.5                    | 50 |              |    |              |        |  |  |  |
| 西 25A | 7500       | 3660       | 20.7         | 山谷   | 11.8         | 5000        | 4            | 10° | 3                         | 15        | 以上无冰, 面积0.6平方公里, 坡度50° |    |              |    |              |        |  |  |  |
| 西 25B | 7500       | 4050       | 8            | 山谷   | 7            | 5000        | 1            | 30° | 4                         | 65        | 以上无冰, 面积0.5平方公里, 坡度50° |    |              |    |              |        |  |  |  |
| 西 24A | 5800       | 4800       | 1.2          | 冰斗   | 1.8          | 5100        |              |     | 5000米以上1平方公里, 坡度20°       |           |                        |    |              |    |              |        |  |  |  |
| 西 24B | 5800       | 4800       | 0.8          | 悬    | 1.5          | 5100        |              |     | 5000米以上0.7平方公里, 坡度20°     |           |                        |    |              |    |              |        |  |  |  |
| 东 22  | 6200       | 4800       | 0.9          | 悬    | 2.2          | 5000        | 0.3          | 12° | 5500米以上0.3平方公里, 坡度60°     |           |                        |    |              |    |              |        |  |  |  |
| 东 23  | 6200       | 4400       | 0.4          | 悬    | 1.2          | 5000        | 0.2          | 15° | 5500米以上0.2平方公里, 坡度60°     |           |                        |    |              |    |              |        |  |  |  |
| 西 14  | 6500       | 4310       | 5.0          | 山谷   | 6.6          | 5150        | 3            | 10° | 1                         | 55        |                        |    |              |    |              |        |  |  |  |

表7 贡嘎山一些冰川的AAR值与雪崩区面积

| 冰 川 号     | AAR 值 | 雪线以上无冰面积百分比 (冰川面积) | 雪 崩 注 记 |
|-----------|-------|--------------------|---------|
| 东 1       | 0.43  | 0.80               | 主要雪崩补给  |
| 东 2       | 0.20  | 0.50               | 主要雪崩补给  |
| 东 3       | 0.40  | 0.40               | 主要雪崩补给  |
| 东8a       | 0.20  | 0.80               | 主要雪崩补给  |
| 东 4 海螺沟冰川 | 0.70  | 0.10               | 多雪崩     |
| 东 5 磨子沟冰川 | 0.85  | 0.22               | 少雪崩     |
| 东 6       | 1.0   | 0.0                | 舌前冰崩    |
| 东 7       | 0.63  | 0.0                | 无雪崩     |
| 东8b燕子沟冰川  | 0.70  | 0.0                | 极少雪崩    |
| 东15a      | 0.0   | 2.0                | 雪崩补给    |
| 东15b南门关冰川 | 0.85  | 0.0                | 无雪崩     |
| 西25a大贡巴冰川 | 0.70  | 0.20               | 多雪崩     |
| 西25b小贡巴冰川 | 0.63  | 0.12               | 多雪崩     |
| 西24a      | 0.90  | 0.0                | 无雪崩     |
| 西24b      | 0.88  | 0.00               | 无雪崩补给   |
| 东22       | 0.33  | 0.44               | 以雪崩补给   |
| 东23       | 0.50  | 0.40               | 以雪崩补给   |
| 西14       | 0.80  | 0.0                | 无雪崩     |

同地区气温降水相同的条件下,冰川的实际雪线,即地形雪线仍可相差四、五百米(表6),这是什么原因呢?

贡嘎山地形极有利于雪崩(图1),大量的雪崩和吹雪增大了雪线附近的物质平衡量,这种作用使总积累增多,迫使冰川雪线下降。雪线以上纯积累梯度 $\frac{db}{dh}$ 的高度效应(冰川作用正差)和面积效应(即不同高度的面积对冰川补给是不等价的)之积为总积累量 $M$ :

$$M = \int_{h_1}^{h_2} \int_{S_{h_1}}^{S_{h_2}} \frac{db}{dh} dS dh$$

式中 $h_2$ 、 $h_1$ 为山顶高度和雪线高度, $S_{h_2}$ 、 $S_{h_1}$ 为相应的冰川补给面积。由此式可见, $M$ 取决于 $h$ 和 $S$ 。总之地形雪线一取决于雪崩的多寡,二取决于积累区的高度效应和面积效应。雪崩补给的冰川即使山体高度不大,积累区面积小,但冰川雪线也较其它冰川低。其AAR值(冰川积累区面积与总面积之比)可低到0.35,但雪线以上尚有一部分无冰区,即纯雪崩区,可占55%(表6、7)。

冰川积累的高度效应可以6条大型山谷冰川为例,海螺沟、大贡巴、燕子沟、小贡巴4

条冰川主要靠较大的高度效应及广泛的雪崩产生了冰舌长大的冰川，而磨子沟冰川和南门关沟冰川主要靠无高度效应的面积效应表现的规模，而冰舌比较短小。前者 AAR 值 0.68，后者为 0.83。许多悬冰川和冰斗冰川，冰雪崩耗使 AAR 值在 0.88—1.00 之间变化。可见，研究冰川系数及其意义时应考虑积累区和消融区的有效面积。

三、对个别冰川的详细研究

(一) 物质平衡 成冰作用 冰面形态

小贡巴北侧的冰斗冰川雪线 5100 米，无雪崩补给。由表 8 可见，物质平衡梯度为 20 厘米/

表 8 小贡巴冰川不同高度成冰情况表

| 年<br>份 | 高<br>度<br>合<br>水<br>层 | 5100米       |                                  |             | 5200米       |                               |             | 5300米       |                               |             |
|--------|-----------------------|-------------|----------------------------------|-------------|-------------|-------------------------------|-------------|-------------|-------------------------------|-------------|
|        |                       | 冰层厚<br>(厘米) | 密 度<br>(公斤/<br>厘米 <sup>3</sup> ) | 合水层<br>(厘米) | 冰层厚<br>(厘米) | 密 度<br>公斤/<br>厘米 <sup>3</sup> | 合水层<br>(厘米) | 冰层厚<br>(厘米) | 密 度<br>公斤/<br>厘米 <sup>3</sup> | 合水层<br>(厘米) |
| 1982   |                       | 20          | 0.40                             | 8           | 40          | 0.30                          | 12          | 80          | 0.20                          | 16          |
| 1981   |                       | 60          | 0.65                             | 39          | 120         | 0.62                          | 74.4        | 160         | 0.55                          | 88          |
| 1980   |                       | 80          | 0.70                             | 56          | 130         | 0.63                          | 81.9        | 180         | 0.60                          | 128         |
| 1979   |                       | 80          | 0.80                             | 64          | 100         | 0.80                          | 80          | 120         | 0.80                          | 96          |

100 米。5300 米处成冰年限为 5 年，5200 米为 3 年，5100 米为 2 年。5300 米雪层中无冰片，亦无附加冰。1976—1982 年的雪层较完整地形成了渗浸冰、粗粒雪冰、粗粒雪、中粒雪、细粒雪及新雪垂向带谱，5100 米处无新雪层。5200 米出现一厘米左右的渗浸冰片，渗浸冰中有冻结参与，5100 米处冰已具动力变质特征。

冰舌中上游多冰水潜流干谷，冰下和冰内河道发育，冰舌表碛遍布，多冰面湖泊。

(二) 冰川的物理性质

1. 冰结构

(1) 各类冰的结构特征及成因

①渗浸冰 小贡巴北侧冰斗冰川 5300 米处为渗浸冰，从摹拓图 2a 可见，晶粒仅 1—4 毫米，年层中几乎无冰片，为粒状结构。气泡多而圆，而且均匀分布，密度为 85 个/厘米<sup>2</sup>。它表明下渗融水仅对雪层起了密实和晶粒衔接作用，成冰的方向是垂直向上的，对原结构几乎无破坏。

②渗浸冻结冰 5100 米处为渗浸冻结冰（见图 2b），其晶粒显著增大，主要晶径 0.5—1.5 厘米，其间小晶体为冻结冰。气泡多而不均匀分布，小晶体中气泡较少。冰中多有冰片痕迹，其厚度向下游明显增大，在 1—5 厘米间变化。它表明下渗融水非但对粒雪起连接作用，而且起胶结作用。融水冻结释放的潜热继续改造晶体结构，其中残留渗浸冰，粗晶间的细晶多为融水冻结的产物。

③动力变质冰 此图取于小贡巴冰川冰舌上游（图 2c）。这类冰气泡十分扁平，其扁度从上游的 0.58 到下游的 0.65，ab 面有平行剪切面趋势，冰晶截面直径 0.5—5 厘米不等，冰晶基面（以扁平气泡为标志）按应力方向重新排列。在强应力区（如瀑布脚）原冰晶破坏，冰

晶重新组合。结晶主轴垂直于剪切面的冰晶得到充分发展，其它方向的冰晶则被消灭。这种重结晶作用可能与叶理的兰冰成因有关（图版21照片1）。

④热力变质冰（惰冰） 海螺沟冰川及贡巴冰川边缘冰体变为惰冰，由于谷壁的长波辐射，空气的对流热、融水及降水的热传导等的作用，冰体长期处于 $0^{\circ}\text{C}$ ，冰晶间冰—水二相频繁转换，相变能有效地影响冰结构。冰晶间不断融化，小粒晶优先破坏，大粒晶顺势增长，其内的汽泡不断排除，晶径可达20厘米，冰晶方向与传热方向一致，晶面与之垂直（图版21照片2，图2d）。

⑤冻结冰 它为有雪粒混入的融水冻结冰，柱状结构，晶径2—5毫米，缺乏汽泡，冰晶基面规则排列，冰中多杂质。

⑥复冰 本区冰川底部复冰1—3米厚，他是压融水在低应力带重复冻结的产物，每层厚不过一厘米，冰中多杂质，与上层冰川冰明显不整合（图版21照片3）。

（2）冰结构的垂向和纵向变化

①垂向变化 由图3a可见，冰晶粒径由底向顶减小，底部20米为高压长途动力变质冰，汽泡少而扁平，其长轴定向强烈，冰晶基面排列规则，冰晶多为1—5厘米。顶部动力变质特点不明显，为滑动冰川将上层冰运载的结果，其汽泡圆而多，从底部的20个/厘米<sup>2</sup>到顶的80个/厘米<sup>2</sup>，晶粒直径减小到5—8毫米，叶理带的兰冰层从底层的30厘米厚减小到顶部的3厘米。

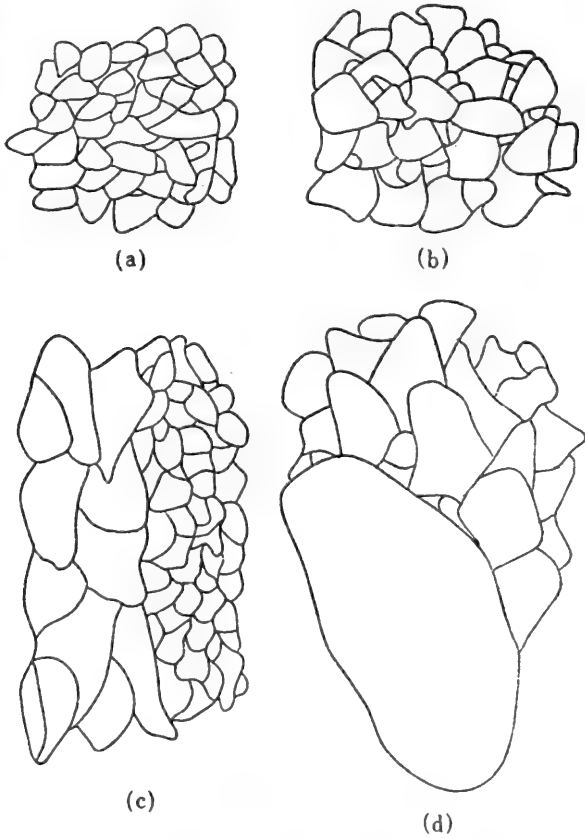


图2 小贡巴冰川各类冰之结构

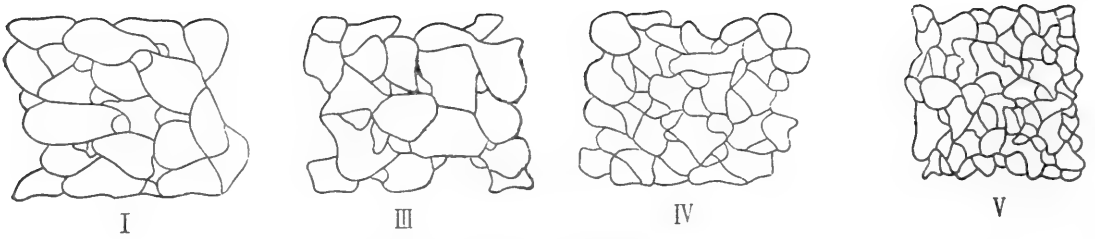


图3a 小贡巴冰川冰结构纵向变化

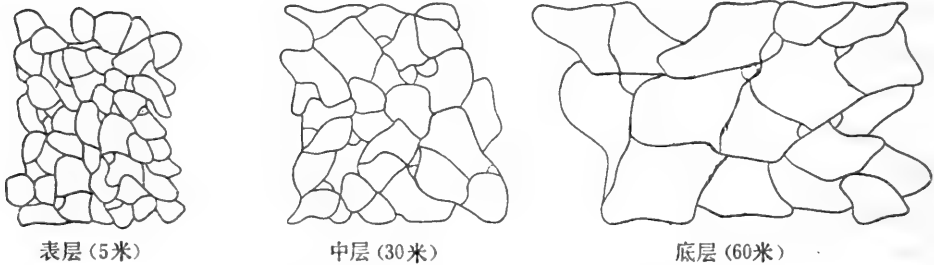


图3b 小贡巴冰川冰结构垂向变化

②纵向变化 此图 (3b) 是在顶层10米范围内摹拓的。气泡从冰舌上游的85个/厘米<sup>2</sup>到下游的50个/厘米<sup>2</sup>，晶径从4毫米增加到8毫米，叶理兰冰厚度从1—2厘米增加到4—10厘米下，向下游明显地表现出积极冰特有的冰晶基面与叶理面大致平行的趋势。

### (3) 冰川构造

①裂隙 冰川粒雪盆中因边缘薄而冻结在基床，产生了2—3套拉张裂隙，其间距由中心到边缘由4米到8米，开张由2米到0.2米，倾角由90°变为上倾60°。

海螺冰川因U谷纵坡降、宽度、走向的变化使应力场变化频繁，由上游的压缩流变为下游的扩张流，在应力场变化的过渡带，张裂隙和压裂隙15°角相交地出现，剪切裂隙将底部的冰碛石及磨蚀粉砂带到冰川表面。压性裂隙从上游到下游间距由5米到3米，开张由1米到0.2米，倾角由60°到90°。张裂隙与压裂隙的规律相反。小贡巴冰舌基本上为张性裂隙。

②叶理 海螺沟冰川张压裂隙过渡带，因边缘阻滞和中部快流，在最大应力带形成断头叶理，叶理向边缘迅速尖灭。海螺沟冰川因应力场极度不稳定，瀑布以下形成的应力叶理的产状变化很大。叶理面垂直于冰流向并凹向上游，其凹度反映冰川运动速度的横向变化，倾角反映运动速度的垂向变化。该冰川叶理由瀑布脚下的零厘米增加到冰舌中段的30厘米，向下游变化不大，凹度向下游增大，倾角在压缩流段 (冰舌上段) 向下游变小，在扩张流段 (冰舌下段) 向下游变大。小贡巴冰川叶理的凹度、倾角 (45°) 变化不大。金属物理学家已证明，晶体材料在有液相参加的高温高压下发生重结晶，晶粒优势增长方向充分发育，其它方向的晶粒则被吞并<sup>(1)</sup>，我们认为，叶理的蓝冰带实际上是一个如上所述的应力重结晶带。

③弧拱构造 弧拱指冰川表面的弓形带。海螺沟冰川大瀑布下冰雪崩塌形成新的雪冰混合堆积锥，锥体形成的再生冰川的向前运动和新锥体的补给，使再生冰川波浪状运动，年层界面表现在冰面为瀑布成因的弧拱，此弧拱具有指示年层的意义，由其距源头的距离可以计算冰川的运动速度。弧拱是形态定义，冰川的动力波及裂隙的合拢或融水胶合也能形成弧



拱。大多冰舌因变情而发生剪切作用，其剪切带也具有弧拱特征。

④冰下特征 大冰川冰下复冰厚达三米，冰斗冰川也在米左右。复冰中夹带大量经过冰川充分作用的冰碛石，其体积比达80%，砾石ab面平行于冰层，a轴平行冰流向，冰层下滞碛厚达一米，证明冰川滑动十分强烈（图版21照片4）。冰侧及冰上流水进入冰下，形成冰下河，从冰川鼻外泄。小贡巴冰川由于向北的侧向流，形成底冰迭置的有趣现象，其侧碛中冰川充分作用石高达70%，从位置上看它是侧碛，实际上它是终碛。冰下冰碛石迎冰面有破碎发生，背冰面保存一层厚5—10毫米的冰川泥—细粉砂，此为应力释放过程中，压融水迁移的证据。冰下砾石被压碎和磨梭的现象更是普遍。

⑤冰川的运动速度 厚度及冰流量

a.海螺沟冰川 如前所述，波浪状运动的瀑布成因弧拱具有指示年龄的作用，据某年层距源头之距离，可以算出冰川的运动速度。计得该冰川瀑布下3500米附近的运动速度为140米/年左右，其流速远大于滑动冰川流速下界（年流速为横断面的1/6）。根据拉加里公式

$$H = 8.4 \sqrt{\frac{u}{\sin a}}$$
（式中H 冰川厚度,u 冰川流速,a 冰面坡度）计得此段冰厚180米。由苏姆斯

基公式  $H = 1.27 \frac{F}{W}$  （F冰流断面积，W断面宽度）及  $F = \frac{Q}{0.64u}$  （Q冰流量）二式得

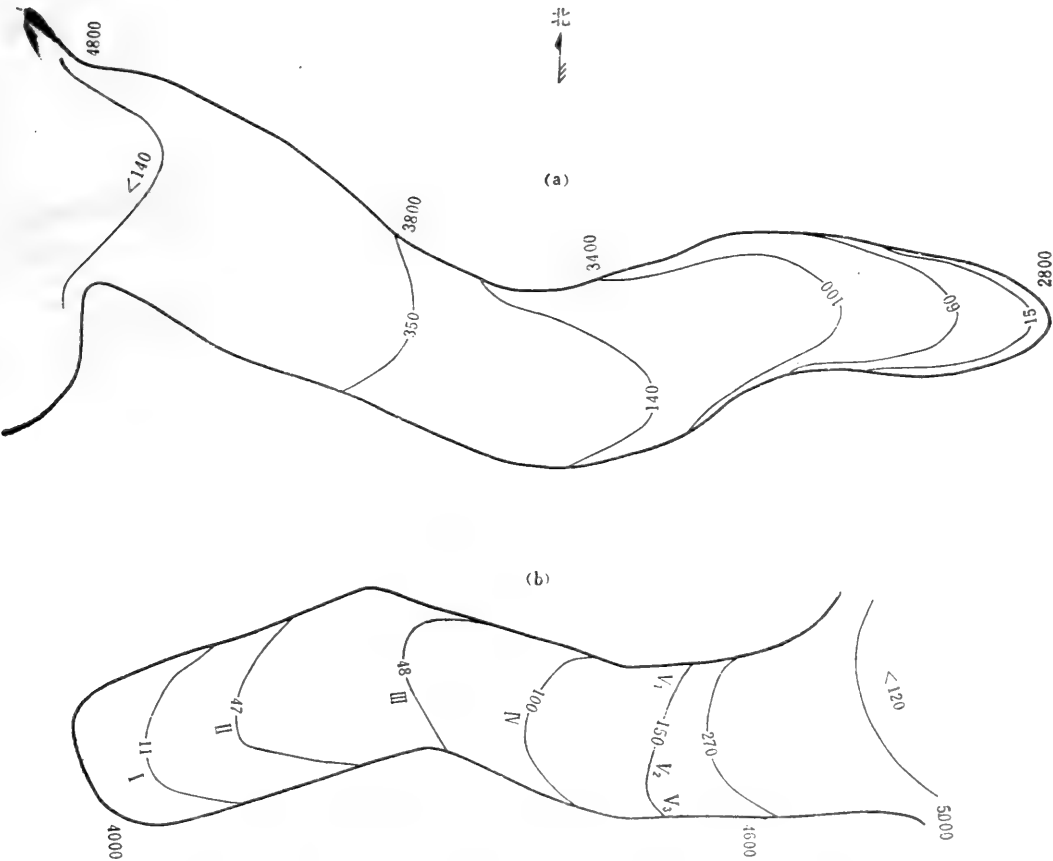
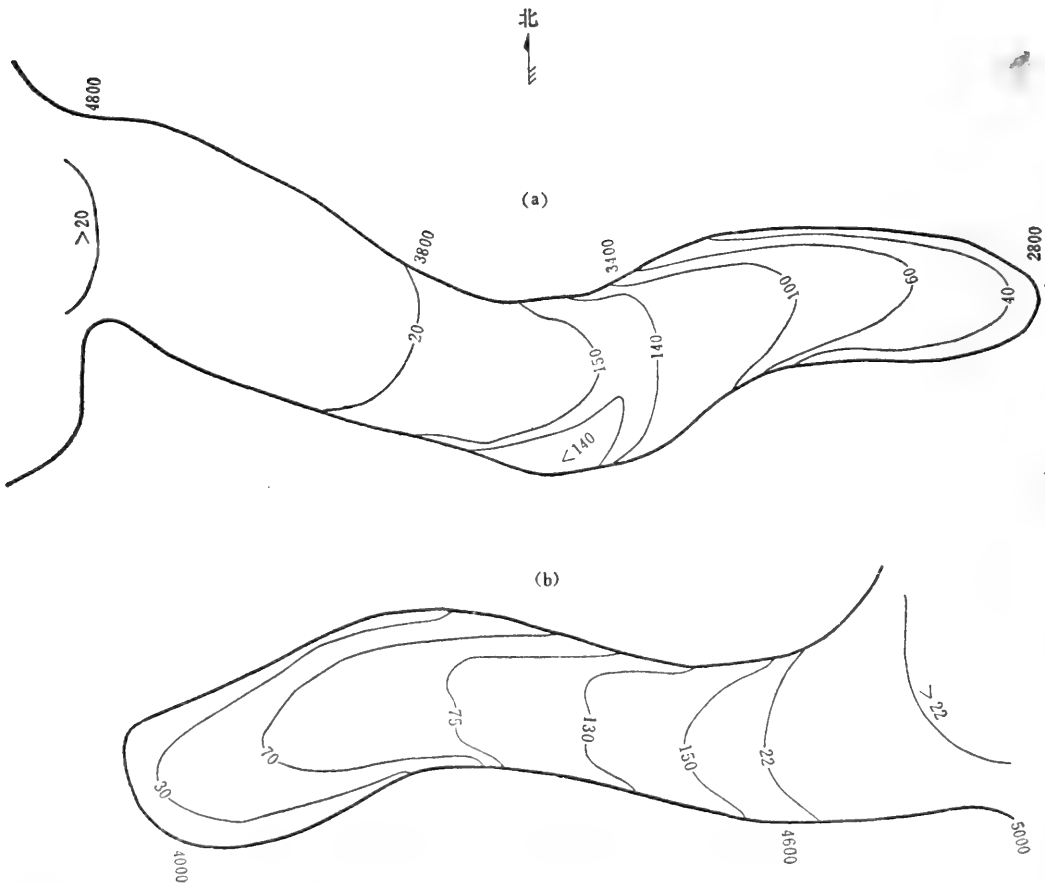


图4 海螺沟冰川（a）和小贡巴冰川（b）等速图

$Q = \frac{1}{2} HWu$ , 据此计得此段冰通量为1428万米<sup>3</sup>。在坡度40度, 宽400米, 高1000米的瀑布段, 据公式 $H = \frac{\tau}{\rho g \cos \alpha}$ ,  $H_0 (H_0 = \frac{\tau}{\rho g} = 11.3 \text{米})$  计得其冰厚度为20米, 流速357米/年。

根据观测到的9.3毫米/日·度的消融强度值, 计得冰舌端(2800米)年消融量15米。如果冰舌位置基本稳定, 冰舌端运动速度为15米/年。该冰舌表碛厚, 表碛石上布满苔藓, 并长有小高山栎, 据此判断冰舌位置变化不大, 只是处在因下融导致的不断萎缩状态中。冰舌变情, 冰川以显出流形式与下融相抗衡。据此我们做出了该冰川等速及等厚图(图4a, 4b), 冰川边缘的流速是根据叶理产状确定的。

b. 小贡巴冰川 1982年6月29日至8月21日, 我们用J<sub>2</sub>光学经纬仪, 用断面横尺法测量了小贡巴冰川54天的运动速度, 资料如表9所示。根据这54天的资料推算出了全年的运动量和厚度(表9及图4b, 5b)。由表8可见, 瀑布下3.5公里范围内, 冰川流速变化很大。瀑布脚下冰流速大、厚度大的主要原因可能是冰床为一个深度起码不小于15米的岩盆。此断面南岸(V<sub>3</sub>)因瀑布南侧更多的补给, 冰体厚, 流速大。北侧因侧向流而厚度减小。4200米处(Ⅱ<sub>2</sub>)运动速度为47米/年, 冰流速横向变化比上游大, Ⅱ<sub>1</sub>为20米/年, Ⅱ<sub>3</sub>为17米/年。从



上游到下游,Ⅴ断面到Ⅰ断面的速度长度递减率为6.4米/100米长度·年。可见冰川因受瀑布影响,Ⅴ至Ⅰ流速变化大;冰舌中部变化很小;末端由于冰体变情的阻滞作用,Ⅱ至Ⅰ断面间变化较大。用上述同样的方法计得冰瀑布下年冰通量593万立方米,水文计算融水量为580万立方米。瀑布冰厚22米,流速270米/年。

表 9 A 小贡巴冰川1982年 6 月29日— 8 月21日运动资料 (样点位置见图10)

| 断 面 号 | 第一点 (北)  | 第二点 (中)  | 第三点 (南)  |
|-------|----------|----------|----------|
| Ⅴ     | 18米/54天  | 21米/54天  | 23米/54天  |
| Ⅳ     |          | 14米/54天  |          |
| Ⅲ     |          | 8米/54天   |          |
| Ⅱ     | 2.7米/54天 | 6.8米/54天 | 2.4米/54天 |
| Ⅰ     |          | 1.6米/54天 |          |

表 9 B 小贡巴冰川年流速和厚度

| 断面号 | 距上一点距离 (米) | 冰 坡<br>坡 度 | 第 1 点        |            | 第 2 点        |            | 第 3 点        |            |
|-----|------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|
|     |            |            | 流 速<br>(米/年) | 厚 度<br>(米) | 流 速<br>(米/年) | 厚 度<br>(米) | 流 速<br>(米/年) | 厚 度<br>(米) |
| Ⅴ   | 海拔4500米    | 12         | 120          | 140        | 150          | 165        | 175          | 190        |
| Ⅳ   | 800        | 8          |              |            | 100          | 130        |              |            |
| Ⅲ   | 1200       | 8          |              |            | 48           | 75         |              |            |
| Ⅱ   | 800        | 10         | 20           | 40         | 47           | 70         | 17           | 40         |
| Ⅰ   | 700        | 10         |              |            | 11           | 30         |              |            |

(三) 冰川消融

我们利用测速花杆测量了冰川消融与气温和冰碛的关系。

(1) 气温与消融之关系 由表10的资料计得,小贡巴冰川在消融季节每下融 5 厘米裸露冰,稳定的消融梯度为3.0毫米/100米,冰舌尾端冰碛覆盖了30厘米厚的段落,消融梯度为6.6毫米/年,4350—4450米段冰碛覆盖20厘米,其消融梯度为6.0毫米/100米,4450—4600米

表10 小贡巴冰川1982年 6 月29日— 8 月21日消融资料

| 断 面 号          | 海 拔  | 总 融 深<br>(厘米) | 观测资料 (厘米) |      | 计算资料 (厘米) |      |
|----------------|------|---------------|-----------|------|-----------|------|
|                |      |               | 表 碛 厚     | 日均融深 | 表 碛 厚     | 日均融深 |
| Ⅰ              | 4150 | 160           | 30        | 3.0  | 0         | 6.2  |
| Ⅱ <sub>1</sub> | 4250 | 235           | 30        | 4.35 | 0         | 5.86 |
| Ⅱ <sub>2</sub> | 4250 | 307           | 0         | 5.65 |           |      |
| Ⅲ              | 4350 | 146           | 23        | 2.7  | 0         | 5.43 |
| Ⅳ              | 4450 | 114           | 20        | 2.1  | 0         | 5.22 |
| Ⅴ <sub>1</sub> | 4550 | 190           | 5         | 3.5  | 0         | 5.0  |
| Ⅴ <sub>2</sub> | 4550 | 270           | 0         | 5.0  |           |      |
| Ⅴ <sub>3</sub> | 4550 | 202           | 5         | 3.75 | 0         | 5.0  |
| 平 均            |      | 206           |           | 4.0  |           |      |

表11 世界一些冰川的大陆度与消融梯度

| 冰 川 名 称 | 纬 度      | 大陆度% | 消融梯度<br>(厘米/100米) |
|---------|----------|------|-------------------|
| 费德钦科    | 39°00' N | 73   | 0.92              |
| 巴托拉     | 36°31' N | 53   | 0.75              |
| 乌鲁木齐河源  | 43°06' N | 53   | 0.62              |
| 瑞典斯特    | 67°54' N | 43   | 0.55              |
| 贡嘎山     | 29°00' N | 33   | 0.40              |

段冰碛厚 5 厘米，其消融梯度为 4.0 毫米/100 米，比裸冰少融 1.5 厘米/日。

裸露冰消融强度为 9.8 毫米/日·度。我们根据贡嘎寺 6—9 月的气温资料，按 0.54°C/100 米的气温梯度推算出雪线（5000 米）处大于 0°C 的逐日积温为 218°C，据此计得雪线处冰融深为 213.6 厘米，合水层 1880 毫米，也就是说雪线处降水 1800 毫米左右。按观测的消融梯度推算得雪线处年总消融量合水层 1900 毫米，此应为降水量。

（2）冰碛对消融的影响 珠穆朗玛峰冰川 2 厘米厚的冰碛是减弱冰川消融的临界厚度<sup>(2)</sup>，巴托拉冰川为 1 厘米<sup>(3)</sup>。冰碛石热容量和反射率小，其较易加热，如果冰碛薄，冰碛向冰体传导热，促其强烈消融；如果冰碛厚，因其孔隙率大，导热系数小，夜间的长波辐射代替了向下的热传导，结果削弱了对冰面的消融。

由表 10 可见，随高度上升，冰碛对冰面的保护作用加强，4500 米处白冰日融深 5 厘米，5 厘米冰碛下融深 3.5 厘米，相差 1.5 厘米，4250 米处 30 厘米下冰的融深也于白冰融深相差 1.5 厘米。

许多研究者认为，冰川消融梯度与气候相关，由表 11 可见，大陆度增加，消融梯度增加，这可能与大陆性冰川为辐射型消融，而海洋性冰川为乱流热交换型消融有关。乱流热交换缩小了消融期的温差，大量表碛进一步减缓了辐射消融。大陆度  $C$  与消融梯度  $g$  线性相关：

$$C = 106.5g - 16.5$$

#### （四）冰川性质与冰川进退的关系

冰川积累是降水的单元函数，消融是气温的单元函数，而纯积累和纯消融是降水  $r$  和气温  $t$  的二元函数，也就是说， $r$  和  $t$  都会影响冰川的动态，其变化由现在的物质总量  $M$  与多年平均值  $M_0$  的差值及现在的纯消融量总量（它也是消融区消融梯度的高度效应与面积效应之积） $N$  与多年平均值  $N_0$  的差值所确定。 $M$  反映到冰舌必需一定的时间  $T$ ， $T$  由冰川运动波的速度  $V$  和冰川长度  $L$  确定（ $T = \frac{L}{V}$ ）。冰川运动波速一般为冰流速的 3—6 倍，具体因冰川

而异。我们把  $M$  与  $N$  的差值叫做冰川的动态指数，即：

$$P(t, r) = \sum_{i=1}^T [M(t, r) - N(t, r)]$$

（ $i = 1, 2, 3, \dots$  年）。如果  $P > 0$ ，冰川前进， $P < 0$ ，冰川后退， $P \approx 0$ ，冰川稳定。

由公式  $E = (0.5|t| + 80)r$  可知，降水对冰川动态的影响远大于气温，而海洋性冰川以丰沛的降水为特征。气温不仅对  $E$  的贡献小，而且它的变幅和数量级都很小；而降水则与之相反。这样我们就从能量平衡法证明了科学家早已注意到了的海洋性冰川对气候更敏感的不稳定性。

## 四、冰川蚀积特征和冰川变化

冰舌区冰面湖发育，冰面岩屑以滑动相沉积，砾石表面多轻微擦痕，融水使其粗化。终碛和侧碛的沉积相几乎一致，主要为冰川融出相、倾卸相以及挤出相、滑动相、死冰融出相与冰接触沉积的广泛组合（如小贡巴冰川，图版21照片5）。其成因视地形、冰川应力场及冰川流向而定。小贡巴冰川各种砾径的、代表冰川作用的典型龟背石十分普遍。

根据野外确定采样，分析得小冰期年代为 $440 \pm 50$ 年至 $620 \pm 40$ 年  $C^{14}$ （侧碛朽木），

表12 贡巴古冰川演化比较表（以现代冰川为比较基点）

| 冰川作用期 | 冰舌末端降低值<br>(米) | 雪线降低值<br>(米) | 冰 川 面 积          |                  |                 |
|-------|----------------|--------------|------------------|------------------|-----------------|
|       |                |              | 积累面积增大<br>(平方公里) | 消融面积增大<br>(平方公里) | 总面积增大<br>(平方公里) |
| 现代小冰期 | 100            | 50           | 0.80             | 2.70             | 3.50            |
| 新冰期   | 300            | 100          | 1.30             | 3.70             | 5.00            |
| 玉木冰期  | 500            | 400          | 23.50            | 9.20             | 32.70           |
| 理斯冰期  | 700            | 500          | 35.00            | 19.20            | 44.20           |

末次冰期早于 $17600 \pm 200$ 年 ( $CaCO_3$ )，新冰期晚于 $5475 \pm 70 C^{14}$ 年（两层冰水物中夹的泥炭）。根据野外对比，确定了可以肯定的冰川作用下界，用稳定的AAR值确定了冰川的雪线下降值，结果见表12。

### 参 考 文 献

- (1) H. W. 菲尔班，何作霖译，1981，岩组学。地质出版社。
- (2) 中国科学院西藏考察队，1975，珠穆朗玛峰地区科学考察报告（现代冰川与地貌），科学出版社。
- (3) 中国科学院兰州冰川冻土研究所，1980，喀拉昆仑山公路沿线冰川考察研究。科学出版社。

### 图 版 21

## INVESTIGATIONS ON GLACIERS IN GONGGA SHAN

Feng Zhaodong Yao Tandong Li Jijun Sun Minkong

Dept. of Geology and Geogaphy, LANZHOU UNIVERSITY

### Abstract

The Gongga Shan is a highest mountain in the eastern part of the Qing-zang Plateau, with 60 glaciers developed, covering an area about  $270 \text{ Km}^2$ . The average annual precipitation near the snow line is estimated to be 1800—2000mm, and air tempe rature  $-4C--5C$ . It shows that the energy balance value E at the snow line ( $E = R(80 + 0.5t)$ ; R- precipitation, t- air temperature) can be taken as the indicators of the behaviour of glacier. Under the condition of certain accumulation gradient value E can determine the elevation of snow line and the extent of glaciated area. The Higher the

Mountains the lower the snow line and bigger glacier. We call it "Elevation Effect". The AAR value of glaciers which have large "Elevation Effect" are near 0.6, while those with small "Elevation Effect" have rather low AAR value (0.6). Some glaciers release avalanches frequently at their snouts, and then have AAR value up to 0.8—1, whereas others which receive nourishment from avalanches have much lower AAR value (0.5). Such being the case, a full spectrum of ice formation appeared on the accumulation area with the temperate infiltration as the base zone. Ice tongue extends into thick forest and many ice lakes are developed on the ice surface. Both regelation ice and glacial sole are well developed. The upper part of ice tongue consists of pure dynamical metamorphic ice, which indicates that ice was carried down valley by sliding. The patterns of ice crevasses and glacial foliations are controlled by a particular stress field. Ogives on the Heilogou glacier are derived from the great ice fall, by which we estimate the ice velocity at 200m/yr or so. The ice surface was lowered down 5m/yr by ablation and an ice flux of  $1.43 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{yr}$  was calculated. An ablation rate of 9.3mm/day, °C also obtained. On the Little Gongba glacier we estimate the ice velocity at 150m/yr and ablation rate at 9.8mm/day, °C. The maritime glacier changes its extent frequently and intensively because they have large

E,  $\frac{\partial E}{\partial R} \gg \frac{\partial E}{\partial t}$ , and the precipitation R varies dramatically.

## 29. 贡巴冰川的水文特征<sup>①</sup>

安 成 谋

(兰州大学地理系)

贡巴冰川位于横断山地区大雪山主峰贡嘎山(7556米)的西坡,距四川省康定县南80公里,位于北纬 $29^{\circ}35'$ ,东经 $101^{\circ}50'$ 。这里地势高耸,终年积雪,发育着良好的季风海洋性

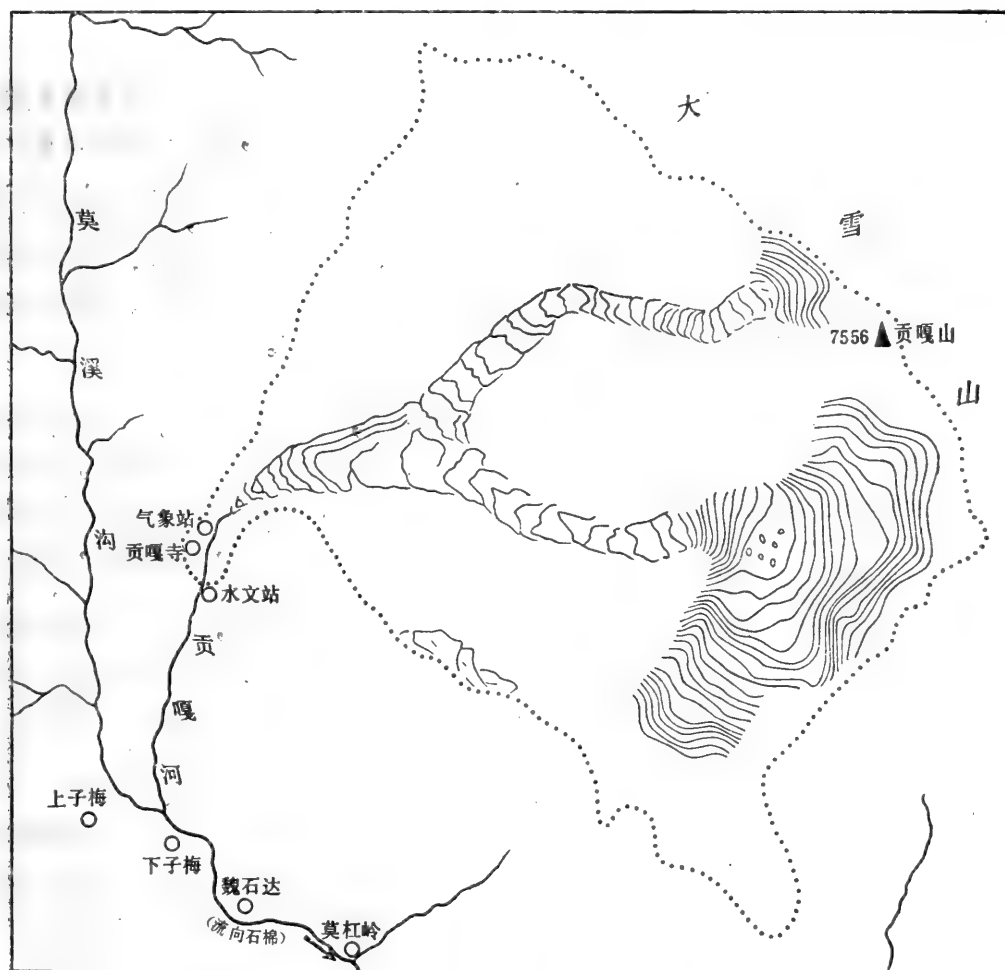


图1 贡巴冰川位置、流域面积图

<sup>①</sup> 参加这一工作的同志还有:兰州大学李吉均、宋明琨、冯兆东、姚檀栋同志,四川省甘孜州气象局胡永胜同志,中国科学院兰州冰川冻土研究所曹真堂同志。另外,此文书写过程中,副教授李吉均、助理研究员杨针娘两同志给予热情的帮助,深表谢意

## 冰川(图1)。

为了探索季风海洋性冰川水文的变化规律,我们于1982年6月至1983年1月在贡嘎山贡巴冰川冰舌前缘贡嘎寺(3750米)建立了半定位气象站、水文站。

气象站设在冰舌前左侧古冰川最高侧碛平台上,场地开阔,有一定的代表性。建立了降水、气温、地温、日照、湿度、气压、云、风等项目的观测;水文站假定基点标高3620.00米,河段顺直,无分流,断面较稳定,控制基本良好。安设了基本断面直立水尺、纵比降水尺,河岸右侧安装了自记水位计,开展了水位、流量、水温、河岸气温等项目的观测,共取得了七个半月气象、水文有关资料。

## 一、影响贡巴冰川径流形成的自然条件

### 1. 气候

本区地处东南季风与西南季风交接地带,气温较高,雨量充沛(3750米处年降水量1159毫米),是形成季风海洋性冰川的有利条件。正因为受季风的影响,在一年内降水量分布不均匀,夏季多,冬季少,降雨集中且多暴雨,夏季降水量约占年降水量52.50%,冬季仅占4.23%,因此夏季是冰川的主要积累期,同时也是冰川的消融期。另外,本区除受大的天气系统作用外,地方性天气影响也很显著。因该山高度大,周围地形相差悬殊,大面积的蒸发水汽,由于气流抬升而形成地方性降水,这一特性在这里夏季表现非常明显。这里天气变化多端,时晴时雨,时风时雹,甚至六、七月间冰舌上端大雪弥漫。

### 2. 地形

由于贡嘎山在中生代特别在新生代表现为强烈的抬升,坚硬的花岗岩、玄武岩、结晶片岩构成锥型山峰,高高凌驾于川西高原,与东侧大渡河的相对高差竟达六千多米,围绕着主峰形成了放射状的冰川群以及环状水系。主峰西侧发育了大、小贡巴冰川,从粒雪盆到冰舌不过6—7公里,而高度从7000米下降到3900米左右,形成了多级瀑布,雪崩频繁,径流分布有明显的垂直变化规律。整个流域形状呈菱形(图1),半圆形的粒雪盆口朝西南方,贡巴冰川走向东西。裸露山坡主要分布在大、小贡巴冰川的两侧和二者之间,在粒雪盆前缘和小贡巴冰川西侧广泛分布着冰碛物。这样地形条件给产流形成了冰面流、裸露山坡集流、地下水流三部分。冰川流域区主要水系集中在右侧,在冰舌处水流受山势的影响急转南北补给了贡嘎河。

### 3. 植被

在贡巴冰川区内,海拔4100—4500米主要是高山草甸,4100米以下主要是森林和灌木,阳坡树种多为栎、桦,阴坡为杉、桦混生。茂密的森林下,枯枝落叶层和腐殖质厚层覆盖,阻滞和拦蓄了大量降水和冰雪融水,除少部分耗于植物蒸腾外,大部分则转变为地下水,以小股泉水形式徐徐补给河流。由于它推延了集流时间,对河流水量起了天然调节作用。

## 二、贡巴冰川径流的计算

### 1. 降水、气温、流量资料的插补延长

对七个半月实际水文观测资料分析表明,贡巴冰川区径流的变化主要倚着气温、降水在变化。为了延长插补年径流系列,对贡巴冰川的气温、降水同康定气象站相应气温、降水资



料①进行了旬(10天)相关分析,其结果:降水的相关系数0.9463(图2),气温的相关系数0.9139(图3),分别得线性回归方程式:

$$x_{\text{贡}} = 1.2064x_{\text{康}} + 5.6526 \tag{1}$$

$$t_{\text{贡}} = 0.6450t_{\text{康}} - 1.0858 \tag{2}$$

以(1)、(2)式分别插补了贡嘎寺站1982年所缺1—6月上旬逐旬降水、气温资料,推算得1982年该站年降水量1159毫米;年平均气温为3.1℃。

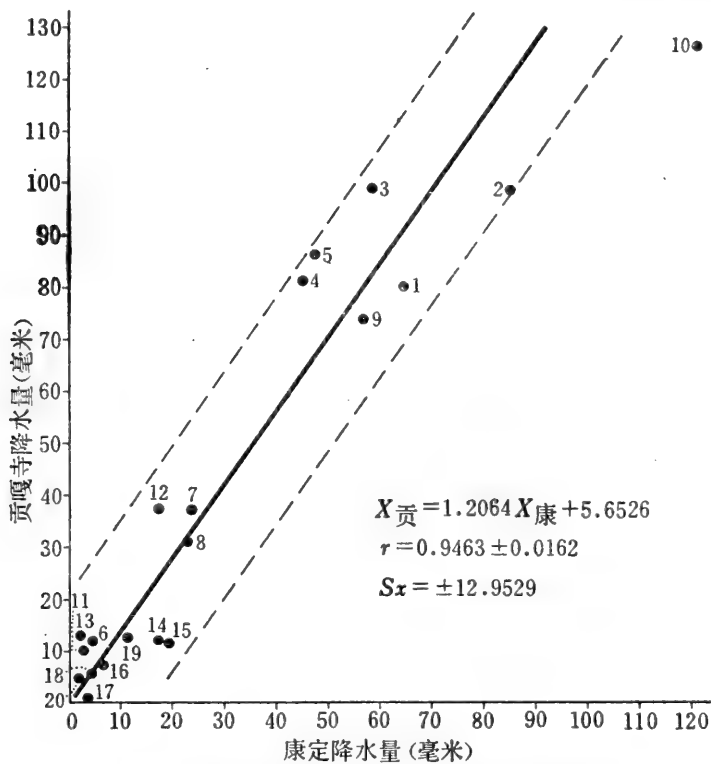


图2 贡嘎寺-康定1982年6—12月旬降水相关图

为了计算贡巴冰川年径流量,我们分析了该站旬平均气温、旬平均降水与旬平均流量的关系,降水量与流量的相关关系较差 $r = 0.241$ ,气温与流量关系密切(图4),得其线性回归方程式:

$$Q = 0.6581t + 2.2892 \tag{3}$$

用(3)式插补了该站1982年1—6月上旬所缺流量资料,求得年平均流量 $\overline{Q} = 4.53 \text{米}^3/\text{秒}$ ,年径流总量 $W = 1.4366 \text{亿立方}$ 。

这里必须说明的是,用气温插补流量,是存在着一定的时差的。因而,本文所插补的1982年1—6月逐旬流量值的日期肯定比实际流量日期有所提前。另外,贡嘎山区为季风区,年降水量变率大,因而所推算的1982年年径流量也只能表明该年径流量的变化实况,并不代表该地区多年的年平均径流量。

① 1982年康定站逐日降水、气温资料是由四川省甘孜州气象局提供的;有关水文资料是康定水文站康兆祥、王世瑾同志提供的,并给了热情帮助,特表谢意

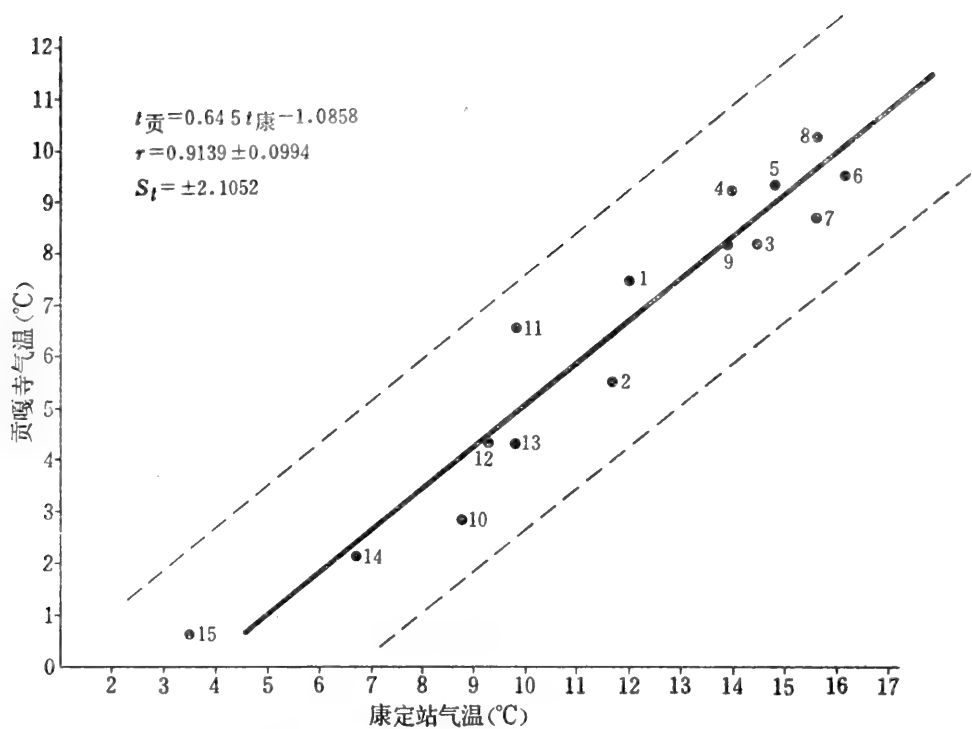


图3 贡嘎寺-康定1982年6—11月旬气温相关图

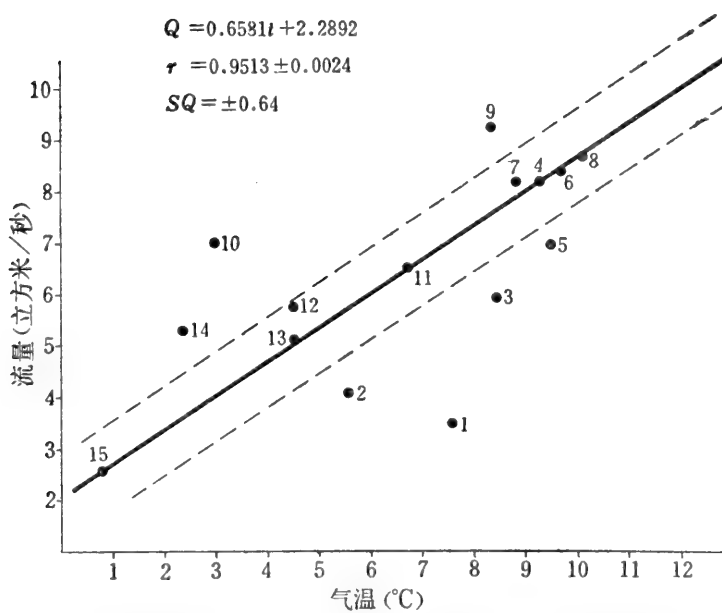
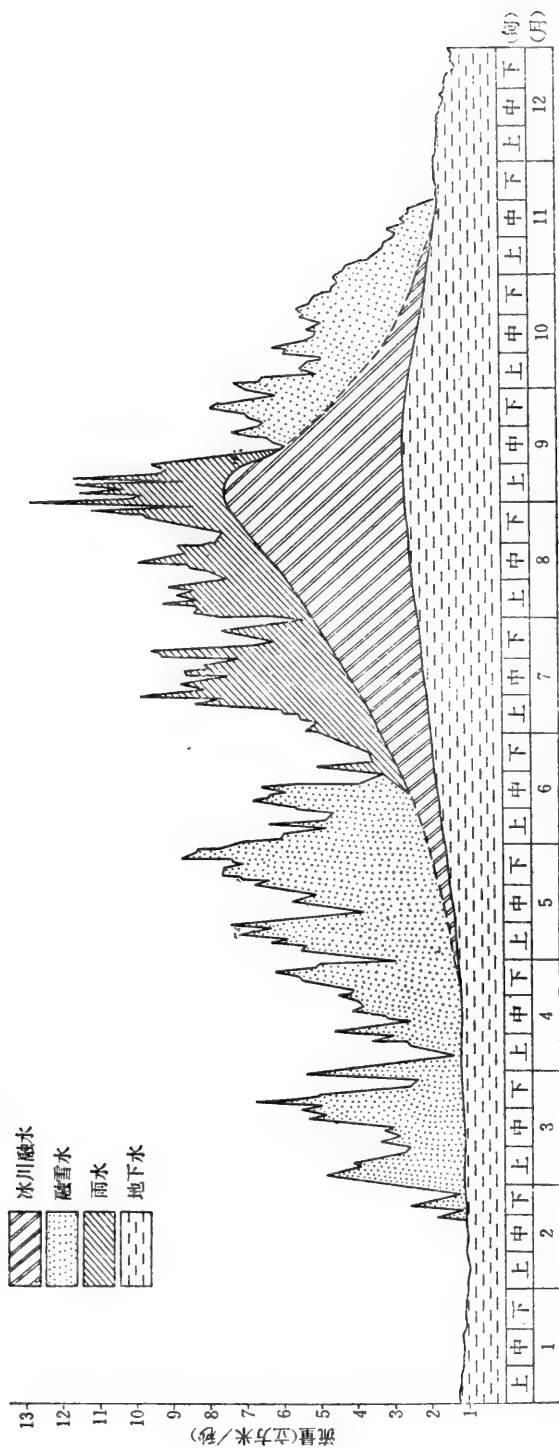


图4 贡嘎寺站1982年6—11月旬平均气温、旬平均流量相关图



(水文断面以上流域面积: 72.4平方公里)

表 1 1982年贡巴冰川区径流计算表

| 项 目                   | 月 数     | 季       |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       | 其 中： 6—8月 |        |                |
|-----------------------|---------|---------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|--------|----------------|
|                       |         | 冬 季     |      | 春 季  |      | 夏 季  |       | 秋 季   |       | 全 年   |       |       |       |           |        |                |
|                       |         | 12      | 1    | 2    | 3    | 4    | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 总计        | 平均     |                |
| 流量(米 <sup>3</sup> /秒) | 混 合 径 流 | 上 旬     | 1.72 | 1.23 | 1.22 | 1.50 | 2.50  | 6.10  | 5.70  | 6.12  | 8.48  | 10.49 | 5.87  | 3.71      |        |                |
|                       |         | 中 旬     | 1.58 | 1.22 | 1.22 | 4.10 | 3.80  | 5.60  | 4.99  | 8.30  | 8.45  | 7.21  | 5.35  | 2.64      |        |                |
|                       |         | 下 旬     | 1.51 | 1.21 | 1.22 | 4.30 | 4.80  | 8.00  | 4.10  | 7.12  | 7.78  | 6.78  | 5.41  | 1.80      |        |                |
|                       |         | 月平均     | 1.60 | 1.22 | 1.22 | 3.30 | 3.70  | 6.57  | 4.93  | 7.18  | 8.24  | 8.36  | 5.54  | 2.72      | 54.38  | 20.35 6.78     |
|                       | 分 割 径 流 | 降 雨     | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0   | 0.62  | 3.15  | 2.14  | 1.32  | 0.0   | 0.0       | 7.23   | 0.60 5.91 1.97 |
|                       |         | 冰雪融水    | 0.0  | 0.0  | 0.02 | 2.08 | 2.40  | 5.05  | 2.48  | 1.93  | 3.66  | 4.24  | 3.20  | 1.03      | 26.09  | 2.17 8.07 2.69 |
|                       |         | 地下水     | 1.60 | 1.22 | 1.20 | 1.22 | 1.30  | 1.52  | 1.83  | 2.10  | 2.44  | 2.60  | 2.34  | 1.69      | 21.06  | 1.76 6.37 2.12 |
|                       |         | 混 合     | 4.29 | 3.27 | 2.95 | 8.84 | 9.59  | 17.60 | 12.78 | 19.23 | 22.07 | 21.15 | 14.84 | 7.05      | 143.66 | 54.08          |
|                       |         | 融 水     | 0.0  | 0.0  | 0.05 | 5.57 | 6.22  | 13.53 | 6.43  | 5.17  | 9.80  | 10.99 | 8.57  | 2.67      | 69     | 21.40          |
|                       |         | 年 内 分 配 | 混 合  | 3.00 | 2.28 | 2.05 | 6.15  | 6.68  | 12.25 | 8.90  | 13.39 | 15.36 | 14.72 | 10.32     | 4.90   | 100            |
| (%)                   | 融 水     | 0.0     | 0.0  | 0.05 | 8.08 | 9.01 | 19.62 | 9.33  | 7.49  | 14.20 | 15.92 | 12.43 | 3.87  | 100       | 31.02  |                |

① 观测期从1982年6月中旬至1983年1月, 共计7.5个月, 23旬230天  
② 冰雪消融期2—11月, 共计9个月, 约275天; 冰川消融期从4月下旬至11月上旬, 7.5个月204天  
③ 表中凡有“+”的数字, 均系推算数字, 表中“融水”均为冰川流域区的总融水量

## 2. 年径流的分割

(1) 以(3)式所得流量资料, 1982年枯水位在12月下旬至3月, 日平均流量 1.21 米<sup>3</sup>/秒, 且较稳定。洪水期是8月下旬至9月上旬, 日平均流量9.5米<sup>3</sup>/秒, 最高值达 12.7 米<sup>3</sup>/秒, 这时气温高, 雨水多, 地下径流也相应升高。我们在上述分析的基础上, 运用“图解法”划出地下水的基流线。

(2) 因为贡巴冰川作用区, 冬季气温都在零下, 冰雪停止消融, 3月份山区季节性积雪开始融化, 出现融雪峰。用(3)式推算, 最大日平均融雪流量为8.67米<sup>3</sup>/秒; 9月12日即开始落雪, 翌年2月底才开始微量融化。冰川消融同气温关系甚为密切, 根据气温资料分析, 冰川消融期为4月底至11月上旬, 如以冰川区积雪开始消融计, 冰雪消融期则为2月下旬至11月中旬, 长达9个月。气温最高发生在8月下旬至9月上旬, 最高日平均气温12.9℃, 降水较少, 这时应为冰川消融高峰。雨季始于6月中旬, 结束于9月中旬。我们以冰川消融的起止时间, 结合高潮出现的时间及发展趋势, 用“图解法”划出冰川消融线, 分出融雪同降雨线, 从而得出冰雪融水径流。

(3) 从混合径流中, 减去冰雪融水径流和地下径流, 即为降雨径流(图5)。

在以上分析的基础上, 分割出降雨径流、冰雪融水径流、地下水径流三部分。同时, 进行了径流年内分配的计算(表1)。

(4) 贡巴冰川径流模数

贡巴冰川区冻结系数41.99%, 冰雪融水量占总径流量的48%。为了计算纯冰川径流模数, 利用降水梯度(28.6毫米/100米)求出冰川区流域平均降水量, 减去夏季降雨量, 取0.6径流系数算出裸露山坡融雪径流量, 再从冰川区冰雪融水总径流量中减去裸露山坡融雪径流量即得纯冰川融水径流量。根据大、小贡巴冰川消融期204天计, 则求得冰川年平均流量、径流深、径流系数及冰川径流模数值(表2)。

表2 贡巴冰川1982年冰川融水径流特征值表

| 冰川名称  | 冰川面积<br>(平方公里) | 年融水径流<br>总量<br>( $W \cdot 10^6$ ) | 年平均流量<br>(米 <sup>3</sup> /秒) | 径流深度<br>(毫米) | 径流系数 | 径流模数(公<br>升/秒·平方<br>公里) |
|-------|----------------|-----------------------------------|------------------------------|--------------|------|-------------------------|
| 大贡巴冰川 | 15.6           | 27.38                             | 1.55                         | 1755.1       | 1.16 | 99.36                   |
| 小贡巴冰川 | 7.2            | 20.27                             | 1.15                         | 2815.3       | 1.86 | 159.72                  |
| 神仙沟冰川 | 7.6            | 10.37                             | 0.59                         | 1364.5       | 0.90 | 77.63                   |
| 总 计   | 30.4           | 58.02                             | 1.10                         | 1978.3       | 1.31 | 112.24                  |

## 三、贡巴冰川融水径流水文特点

### 1. 水色、含沙量

贡巴冰川径流水色的变化取决于融水占混合径流的比重, 比重大水混浊, 比重小水清。正常冰川融水呈乳白色, 雨季, 雨水径流在混合径流中比重相对增加, 冲淡了纯冰川融水, 水色变淡绿, 0.3米深处清彻见底。7月份, 除三天外, 均为雨天, 月降水量268毫米, 河中水色无任何乳白色的痕迹; 但到8月上旬, 连续半月晴天, 最强日照时数达9.5小时, 地温

高达51℃, 冰川融水达到高峰, 水色由乳白色变为灰白色。

8月中、下旬, 河水含沙量最高, 水色变混。据取样分析, 含沙量可达2.21克/公升, 而雨季的含沙量降为0.012克/公升, 相差184倍。在洪水期河底有推移质存在, 有时发出互相冲撞的声音。

## 2. 水温、冰情

从冰川汇集下来的水流基本上保持0℃左右, 在流动过程中, 通过较高气温、地温的增温导热作用, 水温不断升高, 一般是随着高度降低而升高。测站距冰舌1.5公里, 高度下降了300米, 水温就增长2.5—3.2℃。最高水温发生在7月上旬和8月下旬, 最低水温发生在12月上旬, 12月中旬以后水温稳定在0℃左右。从七个半月逐日水温资料分析, 水温变化在3.9℃到-0.4℃之间。从11月上旬开始, 一直到翌年3月上旬, 测站日平均气温几乎都在零度, 流量从11.38米<sup>3</sup>/秒降至1.21米<sup>3</sup>/秒, 河流发生了冻结现象。冬季该区天气晴朗, 降水稀少, 但气温甚低, 冰雪消融基本停止, 河流靠着地下水而维持着最枯水位。11月下旬岸冰出现, 12月初形成连续性岸冰, 逐步连片, 最大厚度可达1.2厘米多, 由于河床比降大(断面处48.9%), 冰层不厚, 形不成冰盖。2月下旬即开始减退, 3月中旬河冰再无痕迹。由此可知, 该站河冰冻结期约为93天。

# 四、贡巴冰川径流特征的探讨

## 1. 贡巴冰川区融水特点

贡嘎山主峰周围有6000米以上的高峰5—6个, 因山势陡峻, 雪崩频繁, 不断地补给着冰川前缘的消融。在小贡巴冰川4100—4600米冰舌部分, 1982年6月29日—8月21日54天中, 平均消融深为2.6米。小贡巴冰川北侧冰斗冰川(称神仙沟冰川)面积为7.6平方公里, 流域内有较大的裸露山坡集水区, 广泛堆积着冰碛物, 地下水丰富, 此冰川融水汇入小贡巴冰川水流, 是形成贡巴冰川常年稳定水流的重要原因。因而, 测站以上, 融水径流由大、小贡巴冰川和神仙沟冰川三部分组成, 而产流最高的是小贡巴冰川, 径流深达2815.3毫米, 径流模数159.72公升/秒·平方公里, 径流系数1.86(表2), 大于大贡巴冰川的产流量, 这可能与冰川消融区的高度和雪崩情况有关。

## 2. 贡巴冰川径流对河流的补给

在贡嘎山地区年降水量分配主要在夏季, 占全年降水量的52%, 秋季占25.57%, 春季占17.7%, 冬季占4.23%。从图5分析, 一年内气温高峰在8月底9月初, 形成融水高潮, 加之5月流域内大范围的融雪和6月中雨季的到来, 综合形成一年内混合径流发生三个大洪峰的流量, 正是一年对河流补给的三个洪水期。该区气温在11月到零下, 12月下旬, 水位急剧下降, 一直延续到来年3月, 为河流的枯水期。从实际观测资料分析, 12月气温还略低于元月, 但因地下水愈来愈枯竭, 最枯水位仍发生在元月底2月初, 最小日平均流量为洪水期最大流量的九分之一。

年径流季节补给特点, 夏季混合径流补给量大 $54.08 \times 10^6$ 米<sup>3</sup>, 占年补给量的37.64%; 秋季 $43.04 \times 10^6$ 米<sup>3</sup>, 占29.96%; 春季 $36.03 \times 10^6$ 米<sup>3</sup>, 占25.08%; 冬季小到 $10.51 \times 10^6$ 米<sup>3</sup>, 仅占7.32%。年总补给量 $143.66 \times 10^6$ 米<sup>3</sup>。从成因上分析, 春季为融雪补给, 夏季为冰川融水、雨水混合补给, 秋季以后主要是融雪及少量冰川融水补给, 冬季则为地下水补给。夏秋季地下水补给量占全年地下水补给总量的62.8%。

### 3. 影响贡巴冰川区径流变化主要因素的分析

冰川径流是多种因素综合作用的结果。如前所述,贡巴冰川区气温与径流相关程度较降水为好,这仅是单因子的简单线性相关。自然界的情况是复杂的,原分析并未考虑气温、降水共同对径流的作用关系,以及气温与降水之间互相影响关系。为了使问题讨论较全面深入,我们按已有气温、降水、流量资料进行了多元回归分析,其结果如表3。

(1) 夏季、秋季、冬季(A)。从回归分析可知,在一年中影响径流变化的因素气温是主要的, $r_{qi}=0.8051$ ;降水是次要的 $r_{qx}=0.5271$ 。在一年中,流量随着气温、降水而变化,在6—9月上旬气温、降水值都高,因而出现最大流量,1—5月和9月—12月都因气温、降水值小而流量进入枯水季节。因为气温同降水在大的局势下是起落统一的,所以 $r_{i,q}=0.5261$ ,且为正值,二者与流量的共同相关程度 $r_{q,i,x}=0.8142$ ,是比较密切的。

(2) 夏季、初秋(B)。为了进一步了解雨季气温、降水和流量三者之间关系,在6—9月旬资料进行了多元回归分析,从而看出,6—9月正是雨季,也是气温高流量大的四个月,情况较为复杂。从 $b_1'$ 、 $b_2'$ 的大小可知,气温对冰川区的影响较大,而降水影响较小,甚至在一定情况下起负作用。回归系数 $b_1$ 取正值,这表明降水大时伴随着降温,冰川消融减弱,也就是说影响径流形成的主导因子受到压制,这种间接的影响反超过了直接作用的程度。从现象上看好象降雨能增加径流,但因降温,高山带降雪,一般地表或冰面不产生径流,所以在冰川区降雨时刻反使河中流量减少,因此降水与流量出现负相关,其相关系数和偏相关系数分别为 $r_{qx}=-0.3641$ , $r_{qx,i}=-0.1832$ 。而雨季的洪峰只有在连续性降水后,接着又发生高温天气,产生最大洪峰,洪峰出现时间一般迟后于最高气温。在这一段时间内,气温同降水在短天气系统中,处在不断地矛盾状态,天气晴朗,气温高,正是无雨天气;反之,为连续降雨,气温逐日变低,所以气温与降水的关系为负相关, $r_{i,x}=-0.5399$ , $r_{i,x,q}=-0.4589$ 。

(3) 深秋、冬季(C)。10月以后,气温逐日降低,降水愈来愈稀少,致使流量逐日减少,这种情况下,气温、降水、流量随着时间的变化均为递减系列。分析结果表明: $b_1'=0.6116$ , $b_2'=0.4154$ ,说明气温、降水对流量都有影响,但降水的影响不如气温大。 $b_1$ , $b_2$ 均取正值,表明气温变小,降水减少,流量变枯的趋势是一致的,这与人们的经验是相符的,说明回归方程反映了真实情况。

标准回归系数 $b_1'>0$ ,偏相关系数 $r_{qi,x}=0.7778$ ,说明这一段时间内,气温对径流形成影响较大;当 $b_2'>0$ , $r_{qx,i}=0.6433$ 表明降水影响也不小。当 $0.6433<0.7778$ ,表明降水与径流的关系不如气温与径流的关系更为密切。而 $r_{i,x,q}=-0.2277$ ,说明气温、降水存在着负相关。

从上述分析,我们初步认为:在贡巴冰川区,气温高,冰雪消融大,产流多,流量大;气温低,消融少,流量相对减少,气温对冰川消融起着主导作用。而降水次之,特别在气温低的情况下,冰雪停止消融或弱消融季节,降雪则不能立即形成径流,或形成少量径流;而降雨只是在夏、秋雨季增添水量,加大洪峰。

### 4. 气温、降水、流量过程线的分析

从图6看出:①气温同流量过程线趋势是一致的。6月初两线接近,7月上旬开始抬升,中间经过四个相对应的突出峰,9月中旬末两者开始下降,9月底又有上升的反复,但总的趋势是下降,11月中、下旬气温降至零度并出现负值,流量日逐枯水季节。②降水同流量过程线的相依关系不如气温同流量那么明显。6月下旬到7月上旬,连续发生了降水,但

表3 贡巴冰川区1982年6月—1983年1月旬气温、旬降水与旬流量多元回归分析表

| 项 目               |            | 时 间 | 1982年6月上旬—1983年1月          | 1982年6月上旬—9月                | 1982年10月—1983年1月           |
|-------------------|------------|-----|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|                   |            | 数 值 | (A)                        | (B)                         | (C)                        |
| 相 关 系 数           | $r_{qt}$   |     | 0.8051                     | 0.4151                      | 0.8467                     |
|                   | $r_{qx}$   |     | 0.5271                     | -0.3641                     | 0.7615                     |
|                   | $r_{tx}$   |     | 0.5261                     | -0.5399                     | 0.5672                     |
| 多元回归方程            | $b_1$      |     | 0.4851                     | 0.5717                      | 0.2272                     |
|                   | $b_2$      |     | 0.0106                     | -0.2043                     | 0.0716                     |
|                   | $b_0$      |     | 3.1838                     | 16.5203                     | 2.6107                     |
|                   | 方 程 式      |     | $Q=3.1838+0.4851t+0.0106x$ | $Q=16.5203+0.5717t-0.2043x$ | $Q=2.6107+0.2272t+0.0716x$ |
| 复相关系数: $r_{qt,x}$ |            |     | 0.8142                     | 0.4471                      | 0.9135                     |
| 偏 相 关 系 数         | $r_{qt,x}$ |     | 0.7303                     | 0.2787                      | 0.7778                     |
|                   | $r_{qx,t}$ |     | 0.2052                     | -0.1832                     | 0.6433                     |
|                   | $r_{tx,q}$ |     | 0.4006                     | -0.4589                     | -0.2277                    |
| 标准回归系数            | $b'_1$     |     | 0.7298                     | 0.3083                      | 0.6116                     |
|                   | $b'_2$     |     | 0.1424                     | -1.9757                     | 0.4154                     |

① 以上多元回归分析, 均用  $F \sim$  分布进行了检验, 显著性在80—95%内  
② 表中:  $Q$  为流量 (米<sup>3</sup>/秒),  $x$  为降水量 (毫米),  $t$  为气温 (°C)



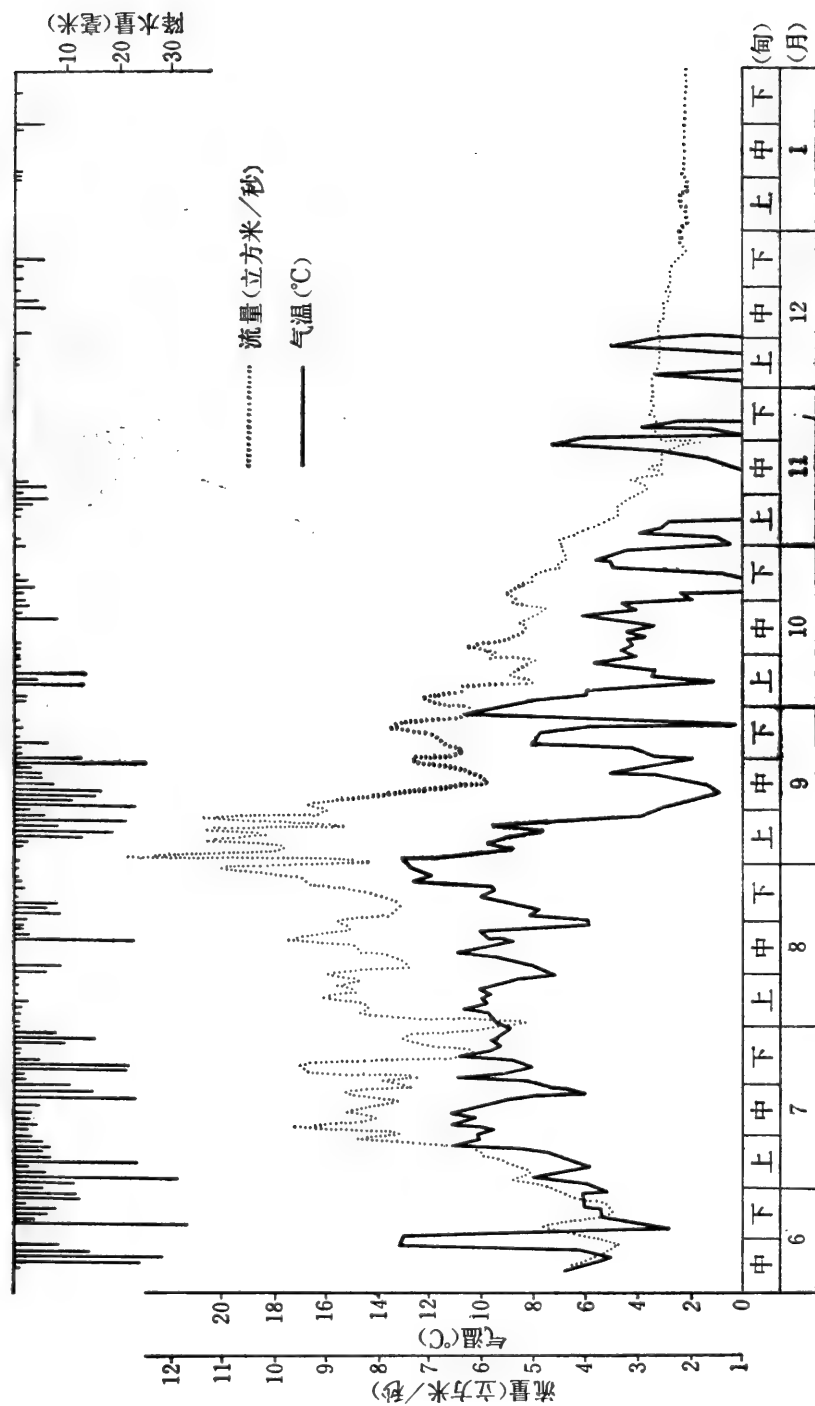


图 6 贡巴冰川贡嘎寺站 1982 年 6 月—1983 年 1 月逐日气温、降水、流量过程线图

由于气温低，流量仍然很小。8月下旬初降水稀少，而流量随着气温线分别又形成两个高峰。8月下旬末到9月中旬初，一个降水周期又刚过，因气温过程线出现最高峰，全年流量也出现最高峰。9月中旬以后，降水稀少，气温变低，流量递减，9月下旬的反复流量峰，是9月末10月初的反复气温峰所造成的。③过程线中的低温峰谷，多系因降水导致的低温所造成的。如6月20日、7月4日、7月18日、8月10日、8月20日的低温峰谷都属此类。9月12日以后，由于连续性的降雨（也夹有少量降雪），气温过程线剧烈下降，流量过程线也下降直至枯水位。

5. 径流变化规律的分析

(1) 径流的日变化规律

因气温存在着日变化，导致了水位、水温、流量存在着明显的日变化周期（图7）。左过程线上一天一个峰，三要素三个峰相互对应，气温峰最高，其次是流量峰，再次是水温峰；气温过程线尖而瘦，流量线较平缓，水温线更平缓。流量曲线对应着气温曲线，但有一个滞后过程，因为气温升高才产生冰川消融，从坡面融水到测站还有一个历时过程，一般都要推后5—6小时。因天气条件（日照、云量）对冰川不同高度上消融强度的影响推迟时间也有差别。由于水温是在气温的变化影响下有个增温、散热过程，加之水增热、散热的物理过程缓慢，才显出水温曲线比气温曲线变化幅度小且平稳的多。

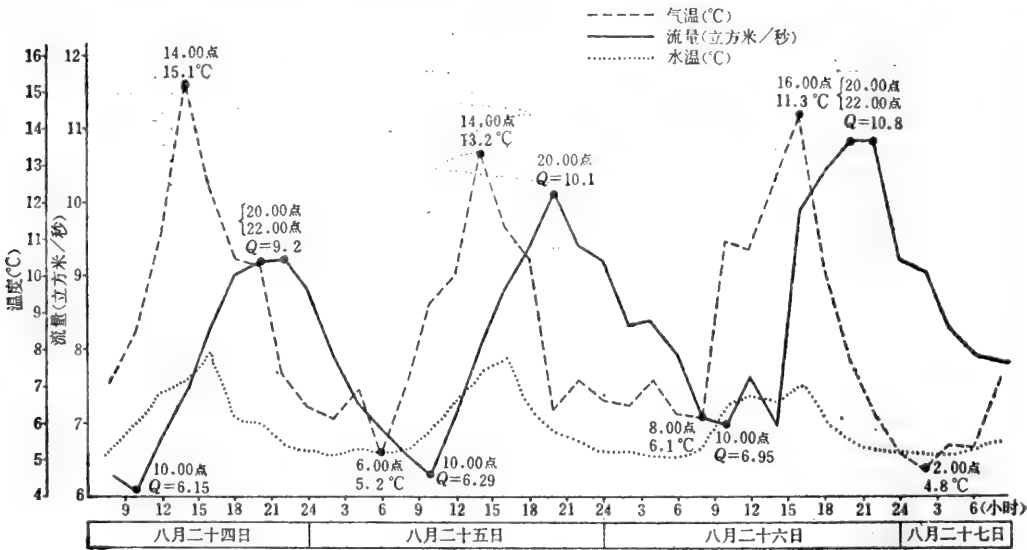


图7 贡嘎寺站1982年8月24日—8月27日瞬时气温、水温、流量过程线图

(2) 年径流变化的几个特点

①年径流有两个洪峰。从贡嘎寺站年降水量分配情况可知，6月、7月为第一个雨季，9月为第二雨季，前者降水量527.6毫米，占年降水量45.5%，后者降水量212.4毫米，占年降水量18.3%。由于降水量这种年变化规律，导致了在一年内形成了明显的夏秋两个洪峰。我们再看图5、7看，7月上、中旬和8月底9月上旬两个洪峰分析，第二个雨季降水量仅为第一个雨季降水量的二分之一，但却发生了第二个洪峰最大的情况，这是因为8月底至9月初日平均气温最高，强烈的冰川消融加大了第二个洪峰的高度，这一点在年径流分割中看得非

常明显。夏季由于暴雨多,因而洪峰较大,其特点是陡起陡落,峰峰相接;秋季则因秋雨连绵,峰型小而平缓。

②春季融雪峰明显。由于贡嘎山地势高耸,冰川区秋末、冬季、初春降雪因气温低不易融化,流域内产流甚少。冬、春季积雪面积66.4平方公里,占流域总面积的91.7%。四月初随着气温的增高,流域内积雪迅速融化,5月达到高潮,形成独特的融雪峰。因为融雪不同与降水,峰比较平缓。5月末6月初,因雪峰刚过,雨季未到,则相对出现一个枯水位,这又是贡巴冰川年径流的又一特征。

③枯水位延续时间长。正如前述,贡巴冰川区冬季天气晴朗,降水稀少,占全年降水量4.23%。11月、12月、1月、2月平均气温分别为 $-0.3^{\circ}\text{C}$ 、 $-4.7^{\circ}\text{C}$ 、 $-1^{\circ}\text{C}$ 、 $-1.8^{\circ}\text{C}$ ,因而枯水期长达120天左右,冬季的径流量 $10.51 \times 10^6 \text{米}^3$ ,占年径流量的7.32%,枯水流量仅有 $1.21 \text{米}^3/\text{秒}$ 。

④秋季径流量略大于春季径流量。在一年中,秋季径流大于春季径流,是贡巴冰川径流又一明显特征。由于春季融雪形成融雪洪峰,由于秋雨形成秋季洪峰,其成因是截然不同的,就其绝对数量比较,春季径流量 $36.03 \times 10^6 \text{米}^3$ ,占年总径流量的25.08%。而秋季径流量 $43.04 \times 10^6 \text{米}^3$ ,占年总径流量的29.96%,所以秋季径流量略大于春季径流量。

### 参 考 文 献

- (1) 李秀云、汤奇成, 1981, 川西滇北年径流初步分析, 地理学报, 36 (1)。
- (2) 汤奇成, 1979年, 天山径流特征分析, 地理学报, 34 (2)。
- (3) 李械、蔡祥兴、李念杰, 1980, 巴托拉冰川融水径流的基本特征, 喀喇昆仑山巴托拉冰川考察与研究, 科学出版社。
- (4) 康尔泗、朱守森、黄明敏, 1980, 托尔峰地区的冰川水文, 冰川冻土, 2 (4)。
- (5) 王文浚、陈琴德, 1965, 乌鲁木齐河水文特征分析, 天山乌鲁木齐河冰川与水文研究, 科学出版社。
- (6) 杨针娘, 中国现代冰川作用区径流的基本特征, 中国科学, 1981 (4)。
- (7) 李吉均, 青藏高原现代冰川研究的新进展, 冰川冻土, 1980, 2 (2)。

## THE HYDROLOGIC FEATURES OF GONBAGLA CIER

An Chengmo

Department of geology and geography, Lanzhou University

### Abstract

The hydrologic problems of Gonba Glacier were studied. According to the high correlation between air temperature and discharge, annual hydrologic parameters were computed based on the actual data collected over seven and a half months in 1983. The results of mixed runoff computed were: annual average discharge  $4.53 \text{米}^3/\text{s}$ , annual total discharge  $1.43 \times 10^8 \text{米}^3$  (snow-ice melting discharge comprising  $5.8 \times 10^7 \text{米}^3$ ), freezing coefficient 42%, depth of runoff 1978.3mm, modulus of runoff  $112.24 \text{ ke/s.km}^2$ , runoff coefficient 1.31.

Analysis of polytropic regression shows that air temperature is the main factor affecting the discharge. When air temperature is high, the discharge

is great due to intense ice-melting, while with low air temperature, the discharge is decreased. There is little discharge when the air temperature is very low. Precipitation produces peak discharge in summer and autumn. The period of glacial melting runs from late April to early November, seven and a half months. Mixed runoff discharge mainly occurs in Summer and autumn, comprising 67.6% of the annual value. There are obviously daily and annual variations of the discharge. The daily charge follows the change of daily air temperature with an interval of delay. The annual runoff characteristically shows two peak discharges corresponding to the two rainy seasons. The spring peak discharge of snow-melting is remarkable, while the autumn runoff is greater than that of spring. The period of low water level continues about 120 days. The lowest discharge is  $12.1 \text{ m}^3/\text{s}$ , only  $1/9$  of the highest discharge  $11.38 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## 30. 稻城古冰帽发育模式

李吉均 姚檀栋 冯兆东

(兰州大学地质地理系)

### 一、古冰帽演化模式

#### (一) 古冰帽演化证据

稻城夷平面(位于理塘以南、稻城以北,俗称海子山)是沙鲁里山丘状高原的一部分,一般在海拔4500—4700米之间。在夷平面中心部位,出露基岩全为花岗岩;在夷平面边缘,多见砂岩、板岩出露。根据冰川遗迹分布范围,在本区冰川作用时,冰帽向南至稻城断陷谷地(海拔3700米),向北至毛垭坝—理塘盆地(海拔3900—4000米),向西至雅弄谷地(海拔4000米),向东至拉波区(海拔3600多米)。冰帽面积达3000多平方公里,呈不规则椭圆形(图版22照片3)。

在高原面上,普遍可见风化不深、规模较小、形态保存完好的终碛垅,属于最新一次冰川作用的产物。在海子山100K道班,这次冰川作用的冰碛垅呈一典型的马蹄形,形态保存完好;在兔儿山西北的最新的冰碛物终止于达登纳垭口附近;在拉合库谷地,有三列冰碛垅终止于拉合措尼前端不远处;在雅弄谷地,距谷源3公里处也有形态保存完好的三列冰碛垅。根据冰碛物的风化程度、形态保存完好程度和冰碛物所代表的冰进范围,断定这些地点的冰碛应属同一次冰川作用的产物。

在稻城断陷谷地的许多冰溢流道出口处,都有规模较大的冰碛垅。这里以描述所冲道班附近库照日处的冰碛垅(图版22照片4)分布特征,作为认识古冰帽时期演化历史的钥匙。如图1所示,此地的冰碛垅可分为六列:最外两列呈红色,风化很深,岩性为花岗岩和砂

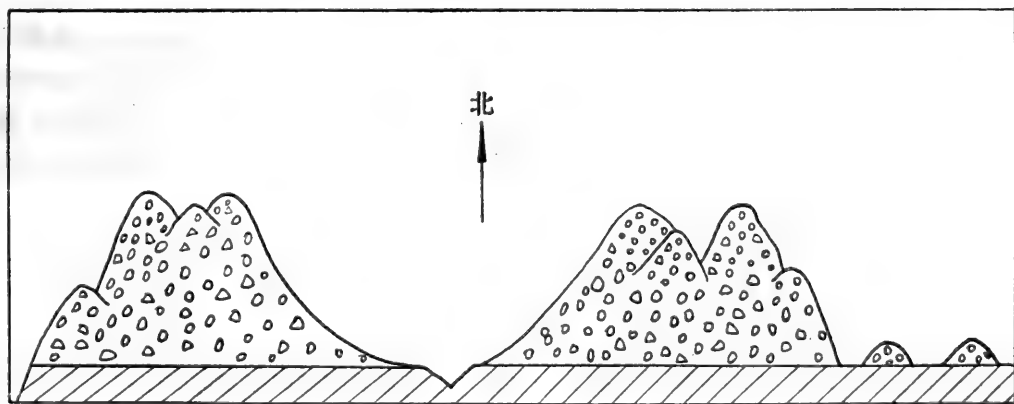


图1 库照日冰碛垅横剖面示意图

岩。花岗岩漂砾已经高岭化。这两列冰碛垅彼此平行,形态破碎不全,冰碛垅长50—60米,高10—20米。由于只有部分冰碛地形保存,其余的已破坏殆尽,所以对另一侧相应侧碛的位置不能断定。但可以肯定,产生此冰碛地形的冰流已不是完全通过冰溢流道流出,而是部分

的以坡面漫流的方式流入谷地。因为从冰碛的分布范围看,此冰碛所在的位置已超过冰溢流道内来冰量所能达到的范围;里侧的四列冰碛垅,形态保存完好,终碛和侧碛相连,形成典型的马蹄形冰碛垅。这四列冰碛垅的最外一列高出红色残存冰碛垅20—30米,岩性以花岗岩为主,风化较深,略呈红色。从这一列向里,第二列冰碛垅超复于最外一列之上,高出10—15米,证明其规模最大。第三列冰碛垅规模最小,低于第二列15—20米,并与第二列脱开。第四列冰碛垅(即最内侧一列)规模小于第一、二列,但大于第三列,高出第三列5—10米,岩性以花岗岩为主。根据冰碛垅的接触关系,这四列冰碛垅可能代表了两次冰川前进。第一次冰川前进以最外侧冰碛垅为代表。从冰碛风化较深,略呈红色来看,此次冰进以后,经历了较长时间的温暖时期。从外侧向内的第二列冰碛垅高于第一列冰碛垅,且超复于第一列冰碛垅之上。因之,这一长时间的高温期以后,本区又发生了第二次冰进,并伴有阶段性的波动。

同样的证据在上述考察地点的其它七个冰溢流道出口处也有发现。在央英措以下冰溢流道出口处的三列冰碛垅,最外一列高约40米,冰碛垅的脊状顶部已不复存在,呈平台状,岩性为花岗岩、砂岩、板岩。冰碛风化很深,巨大的花岗岩漂砾已全风化,直径半米的砂岩也全风化,冰碛呈红色。中间一列尚可见垅状形态,形态保存较好。最里一列形态保存完好。根据其形态、颜色及冰碛垅的接触关系,这里最外一列冰碛所代表的冰进与库照日最外两列所代表的冰进时期相当。里侧两列与库照日里侧四列所代表的冰进时期相当、来自巴隆曲冰溢流道的与库照日里侧四列冰碛垅相当的冰碛,终止于距老林口沟口4公里处,形成终碛。终碛已经后期破坏,且又由后来形成的冰水阶地连接而延伸到老林口(图版22照片1)。

毛垭坝—理塘盆地处于稻城古冰帽北缘,根据水文部队钻孔资料,在理塘盆地中心164米以下,沉积物开始由河流堆积变为冰湖相堆积,在盆地边缘,3米以下即由河流相堆积变为冰碛和冰湖相堆积。根据四川冶金勘探区606地质队的钻孔资料,在毛垭坝盆地中心,28米深处有经冰川磨蚀作用产生的灰色细粉砂质岩粉。据实地考察,本区最新一次冰川作用的冰碛已达毛垭坝盆地(是一种由高山下到盆地后展开的宽尾冰川产生的冰碛)。因此,在冰川作用更强的老冰期时,毛垭坝—理塘盆地曾被南北高原面上汇入的冰流局部占据,并发生南北高原面汇入之冰流部分连结的情形。

能够作为冰帽演化证据的冰蚀地形,考察期间发现的最有意义的是冰川作用雕塑的谷中谷地形。在热柯区东西面的雅弄谷地,保存有典型的谷中谷地形,代表至少发生过两次冰川作用。由于本区最新一次冰川作用未及边缘谷地,或即使到达边缘谷地,也只是部分地占据谷地而不会产生强烈的下蚀作用。谷中谷地形从另一方面印证了稻城谷地冰碛证据所反映的冰进。

## (二) 古冰帽演化模式

根据以上所述,我们提出稻城古冰帽演化模式的大致轮廓。

本区至少发生过三次冰川作用。

最老一次冰川作用时,冰帽规模最大。冰帽的南缘和北缘分别以漫流的方式汇入边缘断陷谷地或盆地,并在其南缘稻城谷地与谷地以南山地之来冰局部相连,在其北缘毛垭坝—理塘盆地与盆地以北山地之来冰局部相连(图2,3)。这时冰帽的特征是,冰体完全覆盖了从冰帽中心到边缘的下伏地形。所以,冰流在冰帽中心穹窿状积累区的补给和重力作用下流向边缘谷地时,不受下伏地形的影响,没有明显的溢出冰川的特征,而是呈漫流型。这次冰川作用以后,经历了长期的温暖湿润期,导致冰碛的强烈风化,甚至达到高岭土化的程度。

[illegible]

—271—

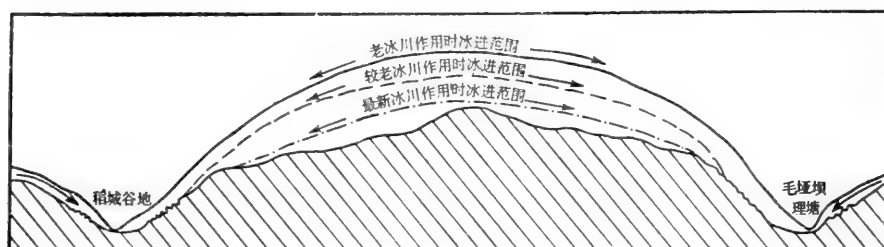


图3 稻城古冰帽演化模式剖面示意图

带，受下伏地形的影响。在边缘地带，冰流只能通过冰前谷地或新形成的谷地下伸到主谷，具有典型的溢出冰川特征。这次冰川作用又可分出两个冰川作用阶段。以后一冰川作用阶段的冰进（即库照日处从外向内的第四列冰碛代表的冰进）规模更大。最新一次冰川作用时，冰帽范围很小，只限于夷平面上。仅在局部地方，达到边缘谷地源头（图2，3）。这时冰帽的特征是，冰川完全受下伏地形的控制。在冰川作用的晚期，冰川只发育在耸立于夷平面之上的高峰上。在冰川作用外围区，盛行冰缘气候，在100K道班最新一次冰川作用堆积的前端不远处的开挖剖面上，还残存有当时冰缘环境产生的冻融褶皱。

## 二、古冰帽蚀碛模式

### （一）蚀碛地形与特征

#### 1. 冰蚀地形与特征

岩盆、岩丘地形是夷平面上最普遍、最瞩目的冰蚀地形。岩丘的形态差异较大，根据野外考察，可分三类来讨论：第一类为浑圆光滑状岩丘。这类岩丘的宽长比一般较小，高度也不是太大，其数量较少，大多位于冰帽中心附近，岩丘上很少有冰碛物。第二类岩丘分布最广，其长轴长度可从数十米至数公里。在1/10万地形图上，可以看出此类岩丘地形。表1是借助地形图与野外观察对比所统计的部分岩丘的长、宽比率数据。根据统计，岩丘的宽长比一般为1:1.5—1:3，极少超过1:4。此类岩丘的特点是迎冰面比较平缓、光滑，背冰面陡峭而破碎，迎冰面通常有1—2米厚的冰碛物。第三类岩丘为规模更大的巨型岩丘。这种冰蚀地形的规模与冰前地形有很大关系。其特征与第二类岩丘有点相似。所不同的是其规模更大，也没有第二类岩丘那样的陡峭破碎面。

岩盆的长度可由几米到几公里，其长轴平行于冰流方向。也就是说，岩盆一般沿冰川运动方向拉长。岩盆一般分为侵蚀岩盆和侵蚀堆积岩盆。侵蚀堆积型岩盆一般规模较大，1/10万地形图上也有表现；侵蚀岩盆一般规模较小，1/10万地图上无表现。在本区，岩盆是最典型、最丰富的冰川地形（图版22，照片2）。许多岩盆的底部还发育羊背岩、小石鼓丘等，这是岩盆底部冰川滑动和磨蚀的重要证据。

羊背岩和鼓丘地形也是本区冰蚀地形的一个重要特征。典型羊背岩的分布似乎有一定的选择性：在有些地带，比较贫乏；在有些地带，成群出现。如拉合库第三、四岩盆的两侧的羊背岩群可达上百个。鼓丘地形的选择性更强，以拉合库下游的建设型鼓丘最为典型。

冰川槽谷地形在本区也是十分典型的。林顿（Linton）<sup>[1]</sup>所说的四类槽谷，除复合型槽



表1 稻城古冰帽冰蚀岩丘部分资料

| 地 区         | 长(米) | 宽(米) | 宽 长 比 | 地 区         | 长(米) | 宽(米) | 宽 长 比 |
|-------------|------|------|-------|-------------|------|------|-------|
| 色           | 350  | 200  |       | 哲<br>如<br>措 | 300  | 120  |       |
|             | 330  | 220  |       |             | 350  | 170  |       |
|             | 150  | 100  |       |             | 450  | 200  |       |
|             | 180  | 100  |       |             | 300  | 150  |       |
|             | 300  | 200  |       |             | 300  | 150  |       |
|             | 400  | 200  |       |             | 300  | 150  |       |
|             | 220  | 100  |       |             | 700  | 300  |       |
|             | 300  | 100  |       | 兴<br>伊<br>措 | 400  | 150  |       |
| 雷           | 280  | 100  |       |             | 550  | 230  |       |
|             | 600  | 290  |       |             | 300  | 130  |       |
|             | 320  | 180  |       |             | 400  | 120  |       |
| 哲<br>如<br>措 | 420  | 250  |       |             | 220  | 100  |       |
|             | 1100 | 420  |       | 扎<br>拉<br>措 | 210  | 100  |       |
|             | 300  | 200  |       |             | 650  | 180  |       |
|             | 400  | 250  |       |             | 440  | 180  |       |
|             | 440  | 150  |       |             | 500  | 150  |       |
|             | 300  | 200  |       | 兴伊措         | 550  | 180  |       |
|             | 500  | 280  |       |             | 400  | 120  |       |
|             | 1700 | 520  |       | 平均          | 429  | 187  | 0.44  |
|             | 400  | 150  |       |             |      |      |       |

谷之外, 其它三类均有发现。阿尔卑斯型槽谷数量极少, 只限于夷平面上某些高耸山峰的周围。反向型(或侵入型)槽谷位于热柯区附近的纳杂库与拉合库之间。冰岛型槽谷主要分布于古冰帽边缘谷地。稻城断陷谷地的八条冰溢流口和古冰帽西面的拉合库、雅弄, 东北面的青元库、牙著库等都可以看作冰岛型槽谷。本区冰岛型槽谷的特点是上游窄、下游宽, 与阿尔卑斯型槽谷正好相反。另外, 在本区还有一类槽谷, 比较特殊。这类槽谷的平面特征与冰岛型槽谷有点相似, 上游较窄, 下游较宽。但这类槽谷十分宽浅、短小, 其深度远远小于冰岛型槽谷, 长度一般只有4—5公里。从表2、表3可以看出, 这类槽谷的F值与冰岛型槽谷的F值差异很大。这类槽谷的发育只限于夷平面上。

## 2. 冰碛地形与特征

根据冰碛堆积部位的不同, 本区冰碛地形可以分为五类: (1)终碛型冰碛地形; (2)侧碛型冰碛地形; (3)两冰流之间隆起部之上的冰碛地形; (4)巨型岩丘迎冰面上的冰碛地

表2 冰 岛 型 槽 谷 F 值

| 谷 地 名 称 | 谷深 (米) | 谷宽 (米) | $F \left( F = \frac{\text{谷 深 } D}{\text{谷 宽 } W} \right)$ |
|---------|--------|--------|------------------------------------------------------------|
| 青 元 库   | 350    | 600    | 0.58                                                       |
| 上 邓 波   | 320    | 600    | 0.53                                                       |
| 达 登 纳   | 280    | 300    | 0.93                                                       |
| 尼亚隆雄    | 300    | 400    | 0.75                                                       |
| 巴 隆 曲   | 280    | 300    | 0.93                                                       |
| 特 迪     | 240    | 350    | 0.69                                                       |
| 央 英 措   | 200    | 500    | 0.40                                                       |
| 布曲沟源    | 160    | 200    | 0.80                                                       |
| 布曲沟源    | 160    | 190    | 0.84                                                       |
| 布曲沟源    | 160    | 350    | 0.46                                                       |
| 拉 合 库   | 200    | 350    | 0.57                                                       |
| 温辛柯源    | 120    | 280    | 0.43                                                       |
| 平 均     | 231    | 368    | 0.63                                                       |

表3 夷平面上宽浅槽谷 F 值

| 谷 地 名 称 | 谷深 (米) | 谷宽 (米) | $F \left( F = \frac{\text{谷 深 } (D)}{\text{谷 宽 } (W)} \right)$ |
|---------|--------|--------|----------------------------------------------------------------|
| 措然津谷源   | 160    | 600    | 0.27                                                           |
| 擦曲措谷源   | 160    | 600    | 0.27                                                           |
| 拉 合 库   | 160    | 400    | 0.40                                                           |
| 拉合库南侧谷  | 120    | 500    | 0.24                                                           |
| 扎 加 谷   | 60     | 500    | 0.12                                                           |
| 坡 迈 隆 巴 | 180    | 500    | 0.36                                                           |
| 银 措 源   | 100    | 500    | 0.20                                                           |
| 沃尼措源    | 80     | 600    | 0.13                                                           |
| 哈 什 措 源 | 120    | 530    | 0.23                                                           |
| 海子坪谷    | 80     | 750    | 0.11                                                           |
| 口 热 钺   | 120    | 400    | 0.30                                                           |
| 其 松 宗   | 120    | 600    | 0.20                                                           |
| 兴伊措源    | 120    | 550    | 0.22                                                           |
| 平 均     | 122    | 541    | 0.23                                                           |

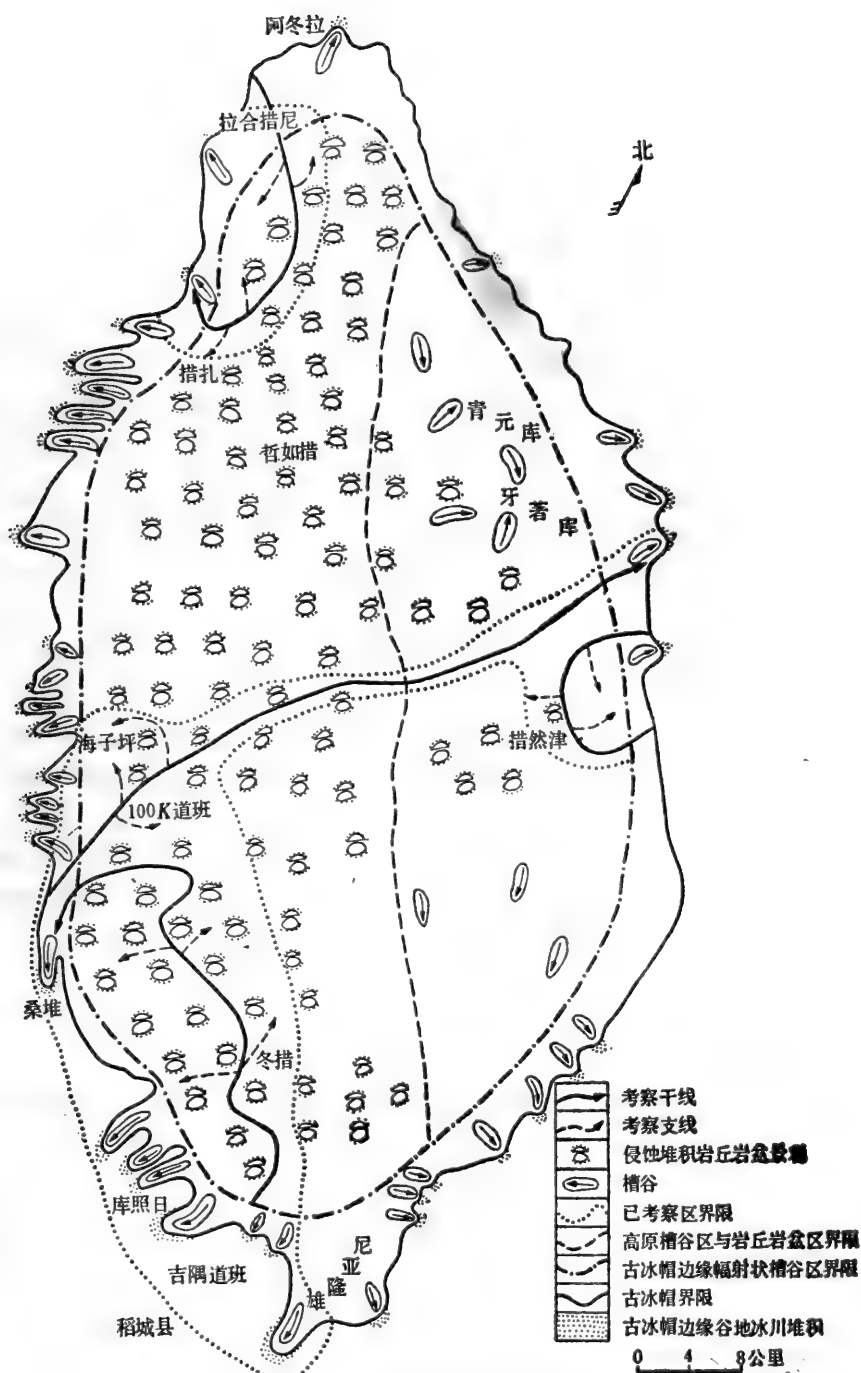


图4 冰蚀冰碛地形组合景观图

形；（5）冰蚀岩盆出口处的冰碛地形。终碛型地形主要分布于古冰帽边缘谷地。这类堆积地形不但分布十分广泛，而且规模巨大，相对高度可达数百米。在夷平面上，终碛地形只限于最新一次冰川作用范围所及的地带，规模也很小，其相对高度最大也不过数十米。侧碛型地形包括两种基本类型：一种是山谷冰川区常见的真正呈垅状的侧碛地形，主要分布于4000

米以下的边缘谷地；一种是稻城古冰帽区所特有的侧碛型地形，本文称之为冰帽型侧碛。这类冰碛的分布特征是，冰碛物出现在高原面上宽浅槽谷两侧的平缓谷壁上，无任何垅状特征，因此容易忽略，但通过坍塌或开挖剖面，可以证实这些现象。巨型岩丘迎冰面和两冰流间隆起部上冰碛地形的分布也是相当广泛的，但其分布只限于夷平面上。冰蚀岩盆出口处的冰碛地形，在夷平面上和边缘谷地均有发现。在边缘谷地，主要出现于中下游地带；在夷平面上，主要出现于接近古冰帽边缘的地带。

## （二）蚀碛地形组合景观的地带性

在稻城古冰帽区，蚀碛地形的组合景观具有一定的地带性。

如图4所示，在边缘谷地出口处，主要为冰碛组合景观。仅在某些谷地出口处，伴有尾端岩盆等冰蚀地形。从以冰碛组合景观为主的边缘谷地出口处至海拔4000米左右，为辐射状槽谷组合景观。这些辐射状槽谷的上游和谷源，有大量的岩盆和冰阶，说明当时这里的冰下作用过程相当活跃。从辐射状槽谷组合景观地带向冰帽中心，逐渐过渡到古冰帽的边缘地带。由于古冰帽边缘地带是冰厚度减小地带，因此也就是低压力区，亦即冰下活动微弱地带。此地带内，主要发育流线型冰蚀地形，建设型鼓丘即出现于此带。由此带再向冰川中心，为过渡型组合景观地带，羊背岩大量发育，宽浅槽谷地形，迎冰面大量发育冰碛的各类岩丘十分发育。此地带内出现的特别有趣的现象是由片流和线流混合作用产生的不对称宽浅槽谷。此不对称槽谷为东北—西南向，其西北侧是海拔4700米的夷平面，向东南逐渐降低。在古冰帽发育时，冰体的整体流动趋势是从西北侧的高海拔部位向西南侧的低海拔部位流动。但在此槽谷内，冰体因受到槽谷倾向的影响，具有从东北向西南的流动趋势，造成冰下流动分量的互相干扰，这样，就产生了这种特殊的槽谷地形——不对称阶状谷壁槽谷地形。位于过渡带与中心带之间的是低矮、浑圆岩丘（也即前述第一类岩丘）的发育区。第二类岩丘也有分布，岩丘地形往往和岩盆共生。在冰帽中心带，蚀碛景观都不明显，反映当时此带的冰下活动十分微弱。如在处于冰帽中心的海子山84—86公里处，在一层层薄薄的冰碛物下，覆盖着冰前高温气候作用下的红色风化物，可见其冰下侵蚀之微弱。

## 三、蚀 碛 模 式

根据上述蚀碛地形的特征及蚀碛地形组合景观分布的地带性，我们可以建立稻城古冰帽的蚀碛模式（图5，6）。

A. 高压力、低流速的弱侵蚀、弱堆积中心带。关于冰帽（或冰盖）中心区的侵蚀作用弱这一事实，国外学者也有报道。但其侵蚀作用弱究竟是由于冰底水层厚，阻止了侵蚀作用的发生还是由于中心区的冰流速趋于零的缘故？据本区古冰帽遗迹的研究，其原因应归于后者。因为归于前者的话，弱侵蚀作用的范围应该比较大，而且冰下侵蚀最弱区应出现在中心区西南侧，因为那里地形急剧降低，并十分平缓，应是当时冰体最厚之处，冰底水层也应最厚。但实际情况是，弱侵蚀作用的范围很小，冰帽中心西南侧也不是侵蚀极弱带。正好相反，那里的侵蚀作用最强。若归于后者，则易于解释。因为冰帽中心流速为零的范围是很小的。此范围以外，冰流速急剧增加，冰蚀作用加强，所以弱侵蚀作用范围很小。由于侵蚀极弱，又地处中心地带，这里当然也就是弱堆积带。

B. 高压力、高流速、强侵蚀、弱堆积带。此带紧靠冰帽中心，从冰帽平缓剖面看，其厚度略小于中心带，但由于地形急剧降低，地形起伏小，地势比较平缓，所以反成为冰厚度

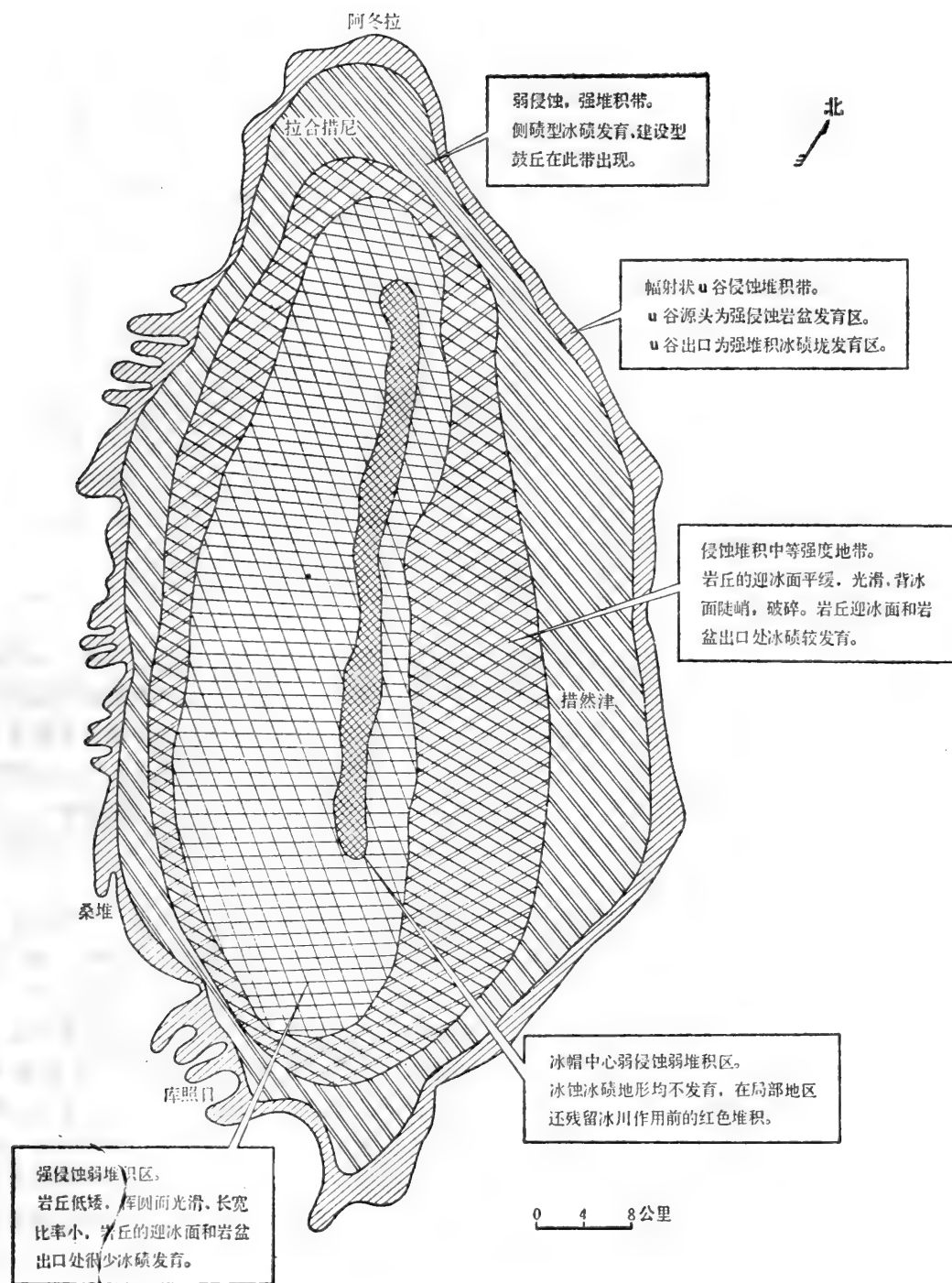


图5 稻城古冰帽侵蚀模式平面图

最大的地带。由于地形急剧下降, 冰内纵向应力急剧增加, 导致冰体高速运动。使此带成为片流侵蚀最活跃的地带。其结果是岩丘低矮、浑圆、光滑, 长宽比率较小, 其迎冰面很少冰碛发育, 背冰面也较少破碎陡峭面。岩盆在平行冰流的方向, 长度不是很大, 但其宽度却比较大, 同样具有长宽比率小的特点。在岩盆出口处, 很少冰碛发育。

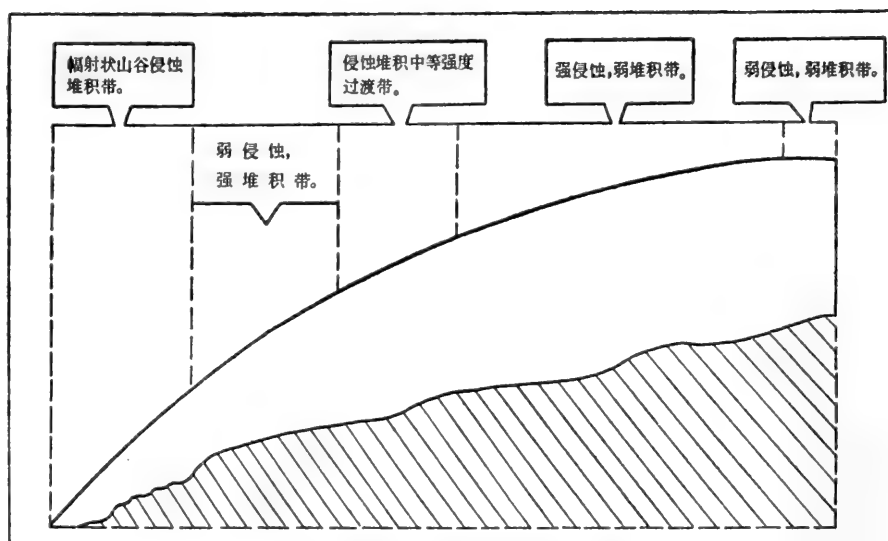


图6 稻城古冰帽蚀积模式示意图

C. 侵蚀堆积中等强度地带。由B带逐渐过渡到C带时, 由于冰厚度趋于减薄, 冰下侵蚀过程也有所改变。地形隆起处当最为敏感, 当冰体减薄时, 这里的侵蚀过程被沉积过程代替, 而低凹处的冰体仍然很厚, 冰下侵蚀还很强。在这样的地带, 冰下片流侵蚀过程被冰下线流侵蚀代替。所以, B带是由片流侵蚀向线流侵蚀的过渡带。由此而产生了具有过渡型特征的冰蚀地形: 宽浅槽谷的谷壁不对称; 冰蚀岩丘的流线型特征更为明显, 长宽比率大, 流线型岩丘的迎冰面大都有冰碛物覆盖, 背冰面陡峭而破碎; 岩盆的长宽比率大, 在岩盆出口处大多有冰碛; 羊背岩大量发育。

D. 弱侵蚀、强堆积带。此带已处古冰帽边缘, 冰厚度很小, 冰流速也很小, 因此冰下侵蚀活动十分微弱, 而冰下沉积过程十分活跃, 呈现以堆积地形组合为特征的景观。侧碛型冰川堆积十分发育, 规模也颇可观。对压力条件要求比较严格的建设型鼓丘在此带出现。

E. 边缘辐射状槽谷线性侵蚀堆积带。此带可分出两个带: 其一是从夷平面边缘谷地各冰岛型槽谷源头至出口处。冰帽边缘流速很慢的冰体伸入各冰岛型槽谷后, 因地形急剧降低, 槽谷内的冰体急剧增厚, 加之地形陡峻, 冰体运动速度又变得很快, 产生了一系列台阶串珠状岩盆和冰阶。槽谷内地形起伏很大, 丘盆冰阶交替, 是本区以线性侵蚀为主的又一个强侵蚀弱堆积带。其二是从冰岛型槽谷的出口处至终碛垅前端。冰岛型槽谷内的冰流在其出口处流速减慢, 冰下侵蚀活动已成强弩之末, 而冰下沉积过程活跃, 特别是剪切活动和侧向活动过程的持续进行, 使这里的冰川堆积大多呈终碛垅和侧碛垅形态。从蚀积过程的本质看, E带更接近于山谷冰川的蚀积过程, 与夷平面的蚀积过程有较大差别。

## 参 考 文 献

Linton, D. L., 1972, Radiating valleys in Glaciated Lands, Glaciers and Glacial Erosion, First Published by the Macmillan Press LTD.

# THE DEVELOPMENT MODEL OF THE DAO-CHENG FORMER ICE CAP

Li Jijun Yao Tanlin Feng Zhaodong

Department of Geology and Geogaphy Lanzhou University

## Abstract

Based on the investigations of 1981—1982, the developmental model of the Dao-cheng former ice cap is reconstructed in this paper, including evolution model, erosion and depositional model. At least three glaciations appeared here during the Ice Age. Among them, the largest one is the oldest. It is suggested that the fomer ice cap can be divided into 5 zones;

(1) Weak erosional and depositional zone located in the center of the former ice cap with high pressure, low flow velocity.

(2) Intensive evosional, weak depositional zone located immidiately near the center of the former ice cap with high pressure and high flow velocity.

(3) Moderate erosional and depositional zone, which was the transitional zone from (2) to (4);

(4) Weak erosional, intensive depositional zone, located in the margin of the plateau;

(5) Stream lined erosional and depositional zone in the radiational margin troughs.

# 31. 横断山北段第四纪冰川作用

刘淑珍 柴宗新 陈继良

(中国科学院成都地理所)

横断山区位于青藏高原东缘,山高谷深,高差悬殊。山地平均在海拔4000米以上,海拔6000米以上的山峰有50余座。5000米以上的山地至今仍被冰雪覆盖,是我国现代冰川较发育的山地之一,第四纪古冰川作用亦很强烈。笔者根据近几年在贡嘎山、四姑娘山、鹧鸪山、雀儿山等地考察中获得的第四纪冰川作用的资料,进行了初步分析整理,草拟此文。文中对横断山北段(北纬29°—32°,东经99°—103°)的冰期划分提出粗浅看法。

## 一、古冰川侵蚀地貌

区内4000米以上的山地中古冰斗、古冰川槽谷、角峰、刃脊等冰蚀地貌非常发育,现就古冰斗、古冰川槽谷的分布规律及特征进行论述。

### (一) 古冰斗

横断山北段古冰斗广泛分布,笔者统计了680个古冰斗,其海拔最低的4100米左右,最高可达4950米左右,其中部分古冰斗积水成湖。据统计古冰斗的分布有如下规律:

1. 按其分布的海拔大体可以分为四级:

第一级:海拔4700—4950米左右,比现代冰斗低150—200米,只分布在贡嘎山、四姑娘山、雀儿山等极高山地区。属寄生冰斗性质,

冰斗规模较小。贡嘎山区此级古冰斗海拔北坡和东坡平均为4830米,南坡平均为4880米,西坡可高达4920米。冰斗的规模一般长轴为300—400米,短轴300米左右。四姑娘山区此级古冰斗海拔,北坡和东坡为4700—4720米,西坡为4800米,其规模一般长轴为300—800米,短轴为200—500米。雀儿山区此级古冰斗的海拔北坡和东坡为4740—4780米,南坡和西坡为4800—4950米。甘孜西部的谢日阿山此级古冰

表1 各级古冰斗的分布

| 级 别   | 分布海拔(米)   |
|-------|-----------|
| 第 一 级 | 4700—4950 |
| 第 二 级 | 4580—4680 |
| 第 三 级 | 4400—4540 |
| 第 四 级 | 4100—4350 |

斗非常发育,海拔均在4800—4900米左右,规模也较大,一般长轴为600—800米,短轴500—700米,其中部分冰斗已积水成湖。此级古冰斗保留完整,冰斗后壁陡峻、刃脊尖锐。

第二级:比第一级低200米左右,海拔为4580—4680米左右,古冰斗规模较大,尤其是西部一些山地。贡嘎山区此级古冰斗非常发育。九海子就是发育在长轴2000米,短轴1000米的冰围场中的九个海子,冰围场底部的海拔为4660米。四姑娘山区此级古冰斗分布的海拔为4580—4620米,东坡的深海子就是发育在海拔4620米的古冰斗中之冰斗湖,呈圆形,直径500米左右。雀儿山区此级古冰斗也很发育,东南部则曲东侧山地分布的十一个冰斗湖均发育在此级古冰斗内,北坡的三个平均海拔4650米,南坡的八个平均海拔4680米。古冰斗规模



均较大，一般的长轴1000米左右；短轴500—800米，其中最大的一个长轴达2000米，短轴为1000米。此级古冰斗也保存较好，冰斗后壁及刃脊清晰可见，其中相当部分已积水成湖。

上述第一级，第二级古冰斗在横断山北段的西部较为发育，广泛分布。

第三级：比第二级低200米左右，海拔为4400—4540米。此级古冰斗在横断山北段4500米左右的山地广为分布，规模也普遍较大，尤其是贡嘎山、四姑娘山、鹧鸪山、米亚罗等地。八美西大雪山一带，措景洞、措桑等海子就是发育在此级古冰斗内的冰斗湖，海拔为4470—4540米。鹧鸪山区的族朗湖（海拔4540米）、咯里族江湖（海拔4460米）亦为发育在此级古冰斗中的湖泊。贡嘎山西坡玉农溪两侧的山地这级古冰斗非常发育，海拔4500米，规模较大，一般长轴可达2000—3000米，短轴1000—2000米，最大的冰围场长轴可达4000米。此级古冰斗虽遭一定破坏，但冰斗后壁及刃脊形态仍较完整。

第四级：为区内最低的一级古冰斗，东部分布较多，西部已很少见。海拔一般为4100—4350米，马尔康南部当卓乌山一带的冰斗湖均发育在此级古冰斗内。如日当邦木措（海拔4200米）、措卡日得湖（海拔4260米）等。马尔康西南的松措（海拔4180米）、马纳湖（海拔4180米）等均属此级古冰斗积水成湖。贡嘎山、四姑娘山、雀儿山等地也保存有此级古冰斗，但数量较少，规模也较小。如四姑娘山此级古冰斗北坡和东坡海拔为4160—4200米，南坡为4300米；贡嘎山区此级古冰斗海拔为4150—4300米；而雀儿山此级古冰斗海拔可高达4300—4350米<sup>①</sup>。此级古冰斗已遭强烈破坏，冰斗后壁及刃脊由于长期风化和剥蚀，其高度明显降低，整个冰斗呈宽浅的洼地，但其形态仍可辨认。

2. 古冰斗海拔有由东向西及由北向南逐渐升高的趋势：

对比四姑娘山、贡嘎山、雀儿山等地各级古冰斗的平均海拔，可以看出，同级古冰斗的海拔，西部地区高于东部地区，南部地区高于北部地区（见表2）。

从表2可以看出，

表2 不同地区各级古冰斗平均海拔（米）对比表

（1）西部雀儿山区各级古冰斗的平均海拔高出东部四姑娘山区相应古冰斗的平均海拔100—200米。平均每向西一个经度古冰斗海拔升高30—60米。这是因为越向西大陆性增加，

| 项目<br>地区 | 纬 度    |         | 经 度     |       | 一 级  | 二 级  | 三 级  | 四 级  |
|----------|--------|---------|---------|-------|------|------|------|------|
|          | 北      | 纬       | 东       | 经     |      |      |      |      |
| 四姑娘山区    | 31°    | -31°20′ | 102°30′ | -103° | 4647 | 4534 | 4445 | 4206 |
| 贡嘎山区     | 29°    | -29°40′ | 101°30′ | -102° | 4865 | 4654 | 4466 | 4217 |
| 雀儿山区     | 31°40′ | -32°    | 99°     | -100° | 4890 | 4690 | 4550 | 4330 |

导致雪线升高。（2）位置偏南的贡嘎山区各级古冰斗海拔高于北部四姑娘山区，这是受纬度地带性影响。纬度降低，温度升高，导致雪线升高。当然第四纪以来贡嘎山区抬升速度高于四姑娘山区，也是不可排除的因素。

3. 同一山体不同坡向古冰斗分布海拔不同，对比贡嘎山区不同坡向古冰斗分布的海拔，可以看出西坡最高，南坡次之，北坡和东坡明显偏低（见表3）。

这种差异的产生是由于西坡和南坡是阳坡，温度高而且干燥，因此雪线偏高；而北坡和东坡则相反。

（二）古冰川槽谷

① 李吉均等1973年资料

横断山北段许多河流上游谷地都是沿着古冰川槽谷发育。四姑娘山区长坪沟长29公里，双桥子沟长26公里，为两条大的古冰川槽谷。贡嘎山区玉农溪河上游、磨西河上游谷地均沿古冰川槽谷发育。雀儿山北坡朝曲为一长34

表3 贡嘎山区不同坡向古冰斗分布的平均海拔对比表

单位：米

| 级 别<br>坡 向 |         |          |          |         |
|------------|---------|----------|----------|---------|
|            | 一 级     | 二 级      | 三 级      | 四 级     |
| 西 坡        | 4920(6) | 4700(43) | 4539(40) | 4270(4) |
| 南 坡        | 4880(6) | 4638(22) | 4469(36) |         |
| 北 坡        | 4830(6) | 4677(16) | 4445(42) | 4200(7) |
| 东 坡        | 4830(6) | 4602(2)  | 4412(7)  | 4180(5) |

注：（ ）内为统计的古冰斗个数

公里的古冰川槽谷，冰川规模最大时曾伸出谷地达马尼干戈盆地。

本区冰川槽谷有三个特点：（1）槽谷横剖面明显地保留有二级“U”型谷，上下套叠，形成“谷中谷”。如四姑娘山的海子沟上游“谷中谷”上槽谷底部高出下槽谷底部80米。贡嘎山东坡燕子沟上游二级“U”型谷明显可见，上槽谷底部高出下槽谷底部160米。雀儿山北坡硬普沟也可见到这种“谷中谷”，上槽谷底部高出下槽谷底部150米。

（2）横断山北段古冰川槽谷大部分为窄型。贡嘎山区古冰川槽谷谷深与谷宽之比为1:2.6—2.8，为典型的窄型槽谷，这是因为横断山北段冰川为海洋性冰川，侵蚀力强，形成这种窄型槽谷。

（3）槽谷纵剖面上多冰坎，尤其是槽谷上游特别发育。冰川后退后冰坎处形成瀑布。贡嘎山东坡磨西河支流海子沟古冰川槽谷自下而上有三道冰坎，其相对高度分别为160米、120米、200米。第一道冰坎顶部发育一冰碛湖——海子。雀儿山北坡硬普沟古冰川槽谷冰坎也很发育，自下而上计有五道冰坎，其中第三道规模最大，相对高度170米。树枝状冰川谷在支谷入主谷的汇合处多数发育有冰坎，如四姑娘山东南坡双海子沟入海子沟的汇合处冰坎高140米。双海子沟古冰川槽谷自下而上有三道冰坎，最高一道相对高度160米，顶部形成二个海子称双海子。

## 二、古冰川堆积地貌

横断山北段古冰碛地貌与冰蚀地貌密切相关，虽经长期破坏，但在冰川槽谷底部、两侧及槽谷末端仍保存有侧碛堤、终碛垅和冰碛丘陵等冰碛地貌。

### （一）四姑娘山区

长坪沟古冰川槽谷两侧保留有三道侧碛堤（见图1）。分别高出现代河面15—20米（ $P_1$ ），90—100米（ $P_2$ ），200—240米（ $P_3$ ）。 $P_1$ 低矮，呈长蛇状沿谷底两侧分布。侧碛堤由大的花岗岩砾石夹灰白色中粗砂组成。 $P_2$ 沿两侧谷坡分布，靠谷坡一边有一侧沟，侧沟底部与冰碛堤顶部相对高度为10米。 $P_2$ 由大的花岗岩砾石，中小砂质板岩、砂岩砾石夹中、粗砂组成。花岗岩砾石砾径1—2米，经球状风化棱角已不明显。 $P_3$ 呈一高大的梁子，顶部宽15—50米。其组成物质为大的花岗岩砾石，砂岩、砂质板岩砾石夹中粗砂。花岗岩砾石砾径一般为1—3米，球状风化强烈，呈圆形，砾石表层有厚1—4.5厘米的风化晕。整个冰碛物表面覆盖一层厚20—50厘米的红色土层。

长坪沟沟口至小金河大石包段可见三列终碛垅。其中日隆公社附近一列保存最好，呈弧

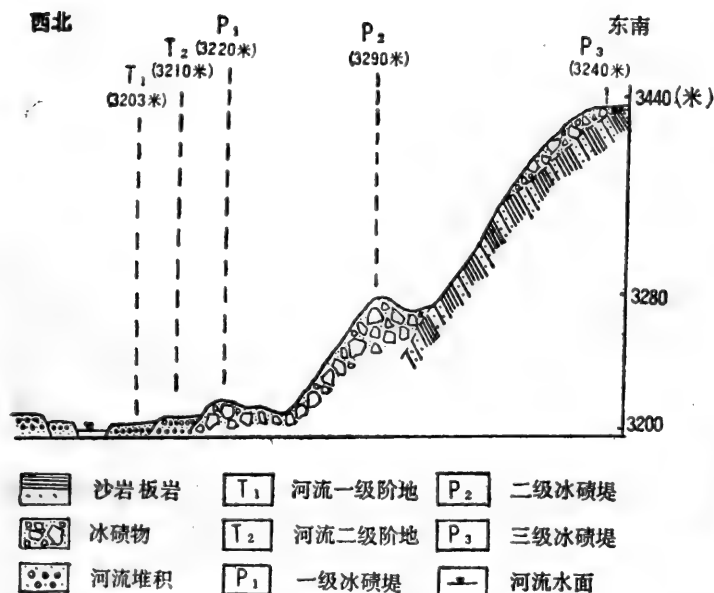


图1 四姑娘山长坪沟古冰谷横断面图

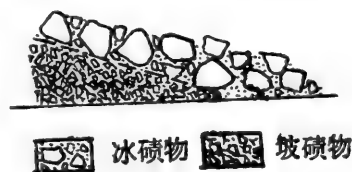


图2 大营盘冰碛物推覆于坡积物之上

形横亘谷中，中部被河流切开。终碛垅的顶部高出现代河面60米。终碛垅由大小不等的砾石夹灰白色中粗砂组成。大的砾石砾径6—8米，岩性以花岗岩为主，次为灰岩，变质砂岩，磨圆较差。中小砾石砾径为5—15厘米，岩性花岗岩占50%，其次为砂岩、板岩等，大部分有一定磨圆。

自日隆公社沿小金河向下游至大营盘可见到第二列终碛垅，海拔3040米，已残缺不全，终碛垅由大的花岗岩砾石夹中，粗砂组成，花岗岩砾石已风化为次圆状。从开挖的剖面可以看到含有花岗岩砾石的冰碛物倾斜向上推覆于由单一的稜角清晰的砂岩板岩组成的坡积物之上（见图2）。

自大营盘向下游至大石包（海拔2900米），见到第三列终碛垅，由于长期侵蚀破坏，只遗留下风化强烈的花岗岩大砾石。

长坪沟冰川槽谷的支谷长沟沟口发育两列终碛垅，外侧一垅上生长有胸径30—40厘米的落叶松，而内侧一垅上生长有胸径20厘米的落叶松，年轮为98年。冰碛物新鲜，砾石稜角清晰。

## （二）贡嘎山区

磨西河上游草坪一带冰川谷两侧可见二级侧碛堤， $P_1$ 高出现代河面150—170米。组成物质为大小不等的角闪花岗岩、斜长花岗岩砾石夹少量的中粗砂，呈灰白色，松散无胶结。 $P_2$ 高出现代河床230—300米，被侵蚀破坏成丘陵状，冰碛物表层覆盖有厚20—30厘米黄棕色土层，土层下面为斜长花岗岩、细晶花岗岩等砾石夹中粗砂组成的冰碛物，砾石风化较强烈，表面有0.5厘米厚的风化晕（见图3）。

草坪向下游至大石包可见两列终碛垅，分别与上述两侧碛堤相对应。

磨西河支流海螺沟也是一条古冰川谷，至今源头仍有现代冰川发育。上游青石板大岩窝一带谷地两侧可见高大的侧碛堤，高出河面270米，其剖面分为三层：自底部向上100米厚

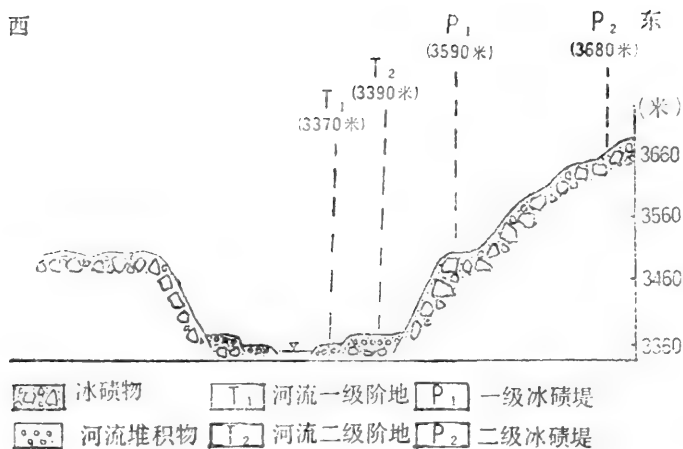


图3 贡嘎山区磨西河上游古冰川谷横剖面图

为冰碛物，向上为厚2.5米的含砾砂质粘土层，层内夹有5—7条灰黑色粘土条带并含有朽木，经C<sup>14</sup>测定其绝对年龄为24390±750年，剖面的上部为厚170米的冰碛物（见图5）。

### （三）雀儿山区

据李吉均等考察<sup>①</sup>，雀儿山北坡硬普沟古冰川谷两侧分布有高达200米的侧碛堤，长达三公里，末端进入竹庆盆地堆积为巨大的终碛垅。此终碛垅的外侧还分布有一列规模稍大更老的终碛垅，因遭破坏，形态不完整，表面覆盖有2—3米的黄土，露出地表的花岗岩砾石风化强烈。

雀儿山北坡新路海前端横卧两列终碛垅，内侧一垅高出湖面10—15米，由花岗岩大砾石夹中粗砂组成。外侧一垅呈丘状垅岗，高出湖面也为10—15米，组成物质为少量砾径1—2米花岗岩砾石夹大量的砾径5—15厘米的中小砾石及中粗砂，其中部分中小砾石磨圆较好。新路海两侧分布有两列侧碛堤，内侧一堤规模较小。

朝曲冰川槽谷自新路海向下游至一公里处，三公里处及一道班附近各分布有一组终碛垅，第一组由三列终碛垅组成。第二组、第三组均被破坏呈冰碛丘陵状，但丘顶的连线与槽谷延伸方向呈垂直的弧形。

在此段冰川槽谷左侧谷坡上分布有三级侧碛堤，分别高出谷底20米、30米、70米左右。

朝曲出口处的马尼干戈兵站背后三级河流阶地（高出现代河面45米）后缘分布有高出阶地面20米的冰碛丘陵。丘陵表面覆盖厚一米左右的褐色土，露出地表的花岗岩砾石砾径达10米左右，因强烈风化，花岗岩砾石呈圆形。取下伏冰碛物及表层风化土分别作粒度分析，其粒度分布频率曲线明显不同，前者为不明显的多峰型，三个峰的Φ值分别为-2、0.5和4（为典型的冰碛物粒度分布频率曲线）；而后的曲线只有一个高峰，其Φ值为7，说明冰碛物风化后粒度明显变细（见图4）。

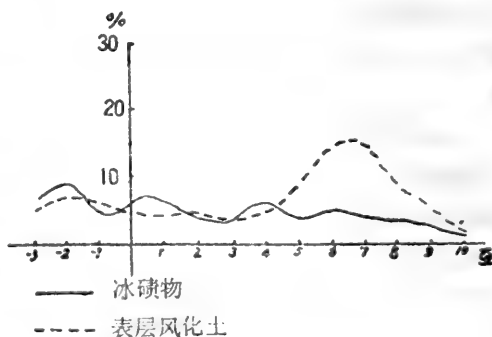


图4 马尼干戈兵站后面冰积物粒度分析曲线图

① 李吉均等1973年资料

### 三、冰 期 讨 论

根据上述古冰川遗迹，我们认为横断山北段第四纪以来至少发生过四次冰川作用，可以划分为两个较老冰期和一个新冰期。

最老的一次冰期定为四姑娘山冰期：以四姑娘山长坪沟第三级侧碛堤（ $P_3$ ）为代表，雀儿山北坡马尼干戈兵站背后三级河流阶地后缘的冰碛丘陵亦属此期。其冰碛物特点是风化强烈，大的花岗岩砾石风化呈圆形，表面有厚1—5厘米的风化晕，冰碛物表层普遍覆盖有30—50厘米厚的红色土或褐色土。此次冰川作用遗留下来的古冰斗为上述四级古冰斗中最低一级，其现在海拔为4100—4350米左右。这次古冰川作用主要为山谷冰川，规模较大，普遍达到沟口。

四姑娘山冰期之后，气候普遍变热，因此本次冰期冰碛物表层形成了厚30—50厘米的红色土或褐色土，据此我们将本区最老一次冰期即四姑娘山冰期定为中更新世。

第二次古冰川作用称为海螺沟冰期，此次冰期可划分为早期和晚期两个阶段。

早期阶段以贡嘎山东坡海螺沟上游青石板剖面下部百米厚冰碛物及雀儿山竹庆盆地覆盖黄土的老终碛垅为代表，四姑娘山长坪沟第二级侧碛堤（ $P_2$ ）亦属此次冰期。这个阶段的冰碛物有一定风化，花岗岩大砾石风化成次圆形，表面有厚0.5厘米的风化晕，冰碛物表面覆盖一层黄土。早期阶段遗留下来的古冰斗，目前分布的海拔为4400—4540米，为上述第三级古冰斗。

早期阶段过后气候有暂短的回暖变干，之后进入晚期阶段。代表此阶段的冰碛物为上述海螺沟青石板剖面上部170米厚的冰碛物，雀儿山北坡硬普沟进入竹庆盆地后第一列大终碛垅，四姑娘山长坪沟第一级侧碛堤（ $P_1$ ）及日隆公社附近的终碛垅等也属此阶段，因时代较晚，冰碛物松散，无明显风化。西部昌台等地此次冰期冰川漫过刃脊相互衔接形成冰帽。海螺沟冰期晚期阶段的古冰斗目前海拔为4580—4680米，属第二级古冰斗。

这一期冰川作用中间有一短暂的气候回暖变干时期，因此在早期阶段冰碛物表层沉积了

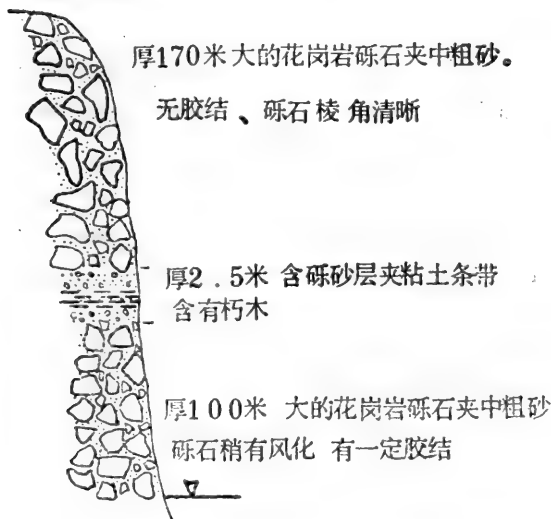


图5 贡嘎山区海螺沟青石板剖面图

表4 横断山北段与珠穆朗玛峰地区冰期对比

| 时<br>代      | 地<br>区           | 珠穆朗玛峰地区                    |       | 横断山北段地区               |         |
|-------------|------------------|----------------------------|-------|-----------------------|---------|
|             |                  | 绒布德小冰期                     |       | 新路海新冰期                |         |
| 第<br>四<br>纪 | 全<br>新<br>世      | 里 亚 期                      |       | 磨 西 高 温 期             |         |
|             |                  | 珠<br>穆<br>朗<br>玛<br>冰<br>期 | 绒布寺阶段 | 海<br>螺<br>沟<br>冰<br>期 | 晚 期 阶 段 |
|             |                  |                            | 间 阶 段 |                       | 间 阶 段   |
|             | 晚<br>更<br>新<br>世 |                            | 吉隆寺阶段 |                       | 早 期 阶 段 |
|             | 中<br>更<br>新<br>世 | 加布拉间冰期                     |       | 四姑娘山—海<br>螺沟间冰期       |         |
|             |                  | 聂聂松拉冰期                     |       | 四娘姑山冰期                |         |

黄土或河流相物质, 贡嘎山东坡海螺沟青石板剖面最为典型, 因此命名为海螺沟冰期。剖面中部厚2.5米(见图5)的间阶段河流相沉积物中朽木的绝对年龄为 $24390 \pm 750$ 年, 因此可以推断海螺沟冰期早期阶段为晚更新世早期, 晚期阶段为晚更新世晚期。

新冰期: 以雀儿山新路海前端的两列终碛垅为代表, 命名为新路海新冰期。四姑娘山长坪沟支谷长沟沟口的两列终碛垅亦属新冰期产物。长沟内侧的终碛垅上生长有胸径20厘米的落叶松, 年轮为98年, 说明冰川完全退回的时间大约为上世纪中叶前后。

## QUATERNARY GLACIAL ACTION AND ITS CHARACTERISTICS IN THE NORTHERN PART OF MOUNT HENGDUAN

Liu Shuzheng, Chai Zhongxin, Chen Jiliang  
Chengdu Institute of Geography, Academia Sinica

### Abstract

The Hengduan mountain is located in the east of Qinghai-Xizang Plateau. The mountain area more than 5000m above sea level is covered by ice and snow. Ancient glacial action during Quaternary period was very active. Erosional and accumulative landforms of ancient glacial action are extensively distributed. The authors have studied these geographical form, analysed 680 ancient scoops in this region, and summarized their findings on distribution of ancient glaciers as follows:

(1) The ancient glacial scoops may be divided into four grades.

(2) The altitude of ancient glaciers of all grades increases from east to west and from north to south.

(3) In ancient glacial scoops of the same grade, the scoops of west and south slope are higher than those of east and north slope.

The trough valleys of ancient glaciers are extensively distributed in this region. Their cross sections appear typically U-shaped while plenty terraces appear on their vertical sections.

The authors have made investigations on many ancient glacial moraines. Based on their investigations, three areas are divided the northern part of Mount Hengduan. (1) Four-girl mountain area, (2) Gongga mountain area, (3) Qiao Er mountain area.

According to the degree of preservation and distribution of glacial erosion landform, as well as weathering of glacial moraines and their overlapping relationship, quaternary glacial periods were divided as following:

(1) The first period is the glacial period of Mount Four Girl. It is the earliest glacial activity in this region.

(2) The second period is the glacial period of Hai Lao Gully, which is

further divided into early and late stages.

(3) The third period is the new glacial period, which is also divided into early and late stages.

## 32. 横断山区东部泥石流分布规律、 类型特点及发展趋势

吕 儒 仁

(中国科学院成都地理研究所)

本文讨论范围基本上为川西三州和渡口市,属广义横断山区东部。泥石流问题内容很多,本文仅讨论分布规律、类型特点和发展趋势三个问题。

### 一、泥石流分布规律

1981年雨季四川洪涝灾害严重,泥石流相伴出现。这对考察泥石流分布问题提供了一个好机会。在1981、1982两年野外考察中,除凉山州东北部外,基本上查清了川西泥石流分布。根据文献<sup>(1)</sup>提供的方法,编制了横断山区东部泥石流分布图(图1)。由附图可见,横断山区东部泥石流分布范围广,危害严重。泥石流分布北界基本上在邓柯—色达—壤塘—松潘一线,南越金沙江进入云南境内。川西三州绝大部分地区都有泥石流分布。海拔3200—3800米以上的川西和川西北高原和高寒山地,进入冻土地带,泥石流活动十分微弱。在不完全的统计中,近期活动泥石流沟651条,坡面泥石流沟874条,近期间歇泥石流沟229条。前二者总计为1525条,比1975—1977年我们在西藏泥石流考察中所得总数(1064)<sup>①</sup>还多。从泥石流活动类型看,冰川泥石流、暴雨泥石流和人为泥石流都有,比较齐全。

从图1可以明显看出,泥石流密集成带地分布在龙门山—邛崃山和地质构造上的金汤弧,大雪山—磨盘山与大凉山以西之间的川滇南北向构造带(康滇地轴)这两个互相衔接的地带上。大雪山—磨盘山以西则呈斑块和条带分布。不难看出,这种分布首先受地质构造上的强烈褶皱带,大断裂带和强地震带所控制;其次受地形相对高差大小所制约;第三是以多年降水分布,暴雨或大暴雨的落区或落点的变化为转移;第四是一系列诱发和激发因素的影响。人类经济活动不利于生态平衡的某些方面和强地震(震级 $\geq 6$ 级),以及一定周期(30、50、100年等等)的暴雨或大暴雨都是强有力的诱发和激发因素。

泥石流需要水(运动介质和组成部分)、松散固体物质和一定的相对地形高差(位能储备)这三个基本条件同时具备,再加上一定的触发、诱发或激发因素作用才有可能发生。这四者在一定的时空条件下构成组合必然导致泥石流形成和运动。用这个观点来分析,自横断山东缘向西和西北,这种泥石流形成的自然条件组合由强逐渐变弱,因而出现这种分布是自然的。

横断山区东部泥石流分布也是地理地带性和非地带性规律的体现。自东向西泥石流分布由多到少是经度地带性的反映;由南向北泥石流分布逐渐减少,到色达—壤塘一线以北消失则是高原纬度地带性规律的反映;以贡嘎山为中心向外伸延,从冰川、冰缘区泥石流到暴雨泥石流的分布是山地垂直地带性规律的反映。这比国外所谓林线以上形成的泥石流和林带内

① 青藏高原科学考察丛书,西藏泥石流(送审稿),中国科学院青藏高原综合科学考察队,1979年10月,刻印稿,第127页



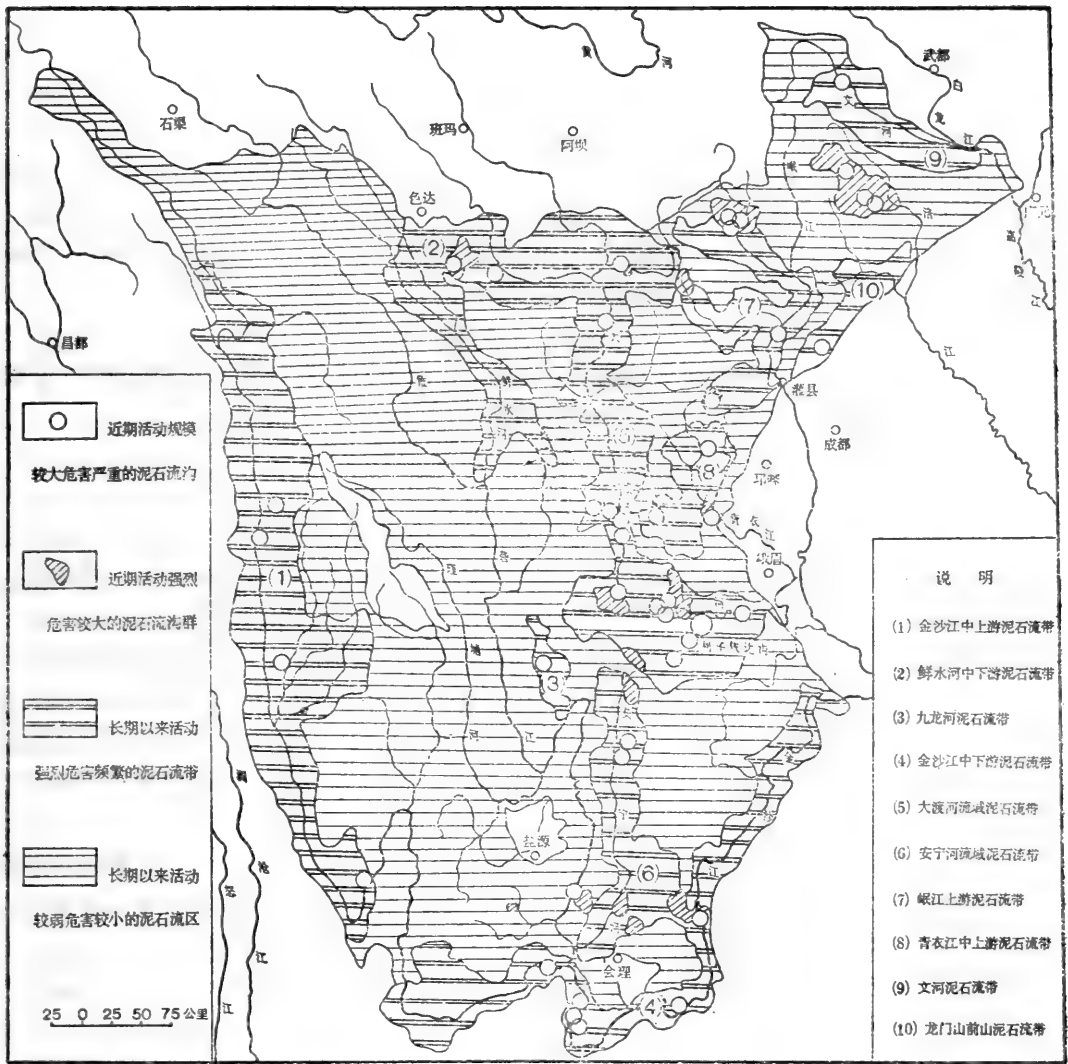


图 1 横断山东部地区泥石流分布图

形成的泥石流要复杂得多<sup>(2)</sup>。高原上斑块和小条带泥石流分布是非地带性因素（大断裂带、断陷带和强地震带）控制的结果。从青藏高原整体来看，自高原边缘（特别是高原南部和东部）向内部泥石流活动由强到弱，分布上由多到少以至于消失。由此可见，横断山区自东向西和向西北泥石流分布数量上由多到少，活动上由强到弱，危害上由大到小的规律性变化是泥石流形成自然条件组合有规律变化的结果，也是地理地带性规律和地质构造上非地带性规律的反映。

## 二、泥石流类型特点

迄今所知，横断山区东部除贡嘎山四周有部分冰川泥石流外，其余几乎全部为暴雨泥石流。因此，从自然泥石流角度划分，有冰川泥石流和暴雨泥石流两大类。

### （一）冰川泥石流

据文献<sup>(1)</sup>和我们实地调查,与西藏冰川泥石流相比,贡嘎山区的冰川泥石流要简单得多。西藏至少可分出冰雪消融、冰雪消融+雨水、冰湖溃决和冰崩雪崩泥石流四个亚类,而贡嘎山区则以冰雪消融+雨水(即混合水源亚类)为主,冰雪消融亚类很少。贡嘎山区近期活动冰川泥石流沟少,西藏则多。第四纪中,贡嘎山区的冰川泥石流曾经普遍暴发过,规模也很大,遗迹清楚。川藏公路泸定—康定段危害最大的冰川泥石流沟是日地沟。它主要为稀性。从堆积物判断,历史上曾暴发过粘性泥石流,规模很大。日地沟泥石流扇形地已堆积了165万立方米固体物质,最大石块体积达40立方米。该沟也有约10年左右的暴发周期。川藏公路修通以来,1965和1974是两个泥石流活动高潮年份。

## (二) 暴雨泥石流

按地貌部位分为沟谷型和坡面型。型以下按松散固体物质补给方式和流体性质理应细分,但由于仅是大范围考察的初步总结,目前尚难做到。

### 1. 沟谷型泥石流

分布普遍,规模较大,危害严重。

(1) 沟谷崩、滑堵塞泥石流。在暴雨作用下,汇流洪水下蚀沟床,扫荡边岸坡脚,使坡地岩石土体失稳崩滑,小则加入洪水和泥石流运动,大则堵沟,形成临时库容,后续洪水和泥石流很快淤满并漫过坝体,造成溃决泥石流。沿程不断接纳两岸坡面径流和支沟洪水,下切主沟揭底床,获得大量松散固体物质补给,增大流量。这种泥石流既有高容重粘性的,也有低容重稀性的(图版23照片1)。前者为数不多,但危害很大。如成昆铁路1981年7月9日利子依达沟泥石流和8月16日新基古沟泥石流。后者为数极大,多与洪水相伴,故成灾也严重。如1981年6月27日德昌永郎沟,会理益门至六华顺河(锦川河上游西支)、汉源至石棉各大泥石流沟等等。

(2) 沟谷坍滑侵蚀泥石流。这种泥石流多发生在褶皱强烈的千枚岩、炭质页岩和砂板岩地区或断层破碎带上。沟谷深切,相对高差大。在暴雨作用下,坡地厚层岩土体遭暴雨打击和坡面径流冲蚀,洪水中含沙量大,侵蚀力强,沟床下切快,沟岸边坡崩、坍此起彼伏地发生,源源不断地补给洪水和泥石流。这种泥石流同样有高容重( $>1.8$ 吨/米<sup>3</sup>)粘稠和低容重( $<1.8$ 吨/米<sup>3</sup>)稀性之别。堵溃不明显。前者如1981年7月3日黑水县知木林区木都河坝堵小黑水泥石流,宁南黑水河下游左岸大塘银厂河坝泥石流,渡口市新庄尖山小沟泥石流。后者则到处可见。

高原上有一种侵蚀和季节融冻层坍滑,在大雨或暴雨作用下发生的稀性泥石流。规模虽小,但对公路畅通仍有一定影响。如康定新都桥北就有这类泥石流。

### 2. 坡面型泥石流

数量大,规模小,几乎都是粘性。从单个坡面泥石流看危害较小,由于数量远远超过沟谷型泥石流,故总计造成的危害仍然较大。

坡面泥石流仍以沟槽形式出现,并在数量上占绝对优势。按其发展程度和规模可以分为以下4种。

(1) 崩塌滑坡式泥石流。山坡坡度在 $30^{\circ}$ — $35^{\circ}$ 以上,当前期降水渗透饱和坡面岩土(或一次长历时降水的前期下渗浸透饱和和土体)时,在短历时暴雨打击下,岩块和土体在重力顺坡分力大于岩土体内部抗滑力时失稳,以坡面块体运动方式快速向下运动,沿程铲刮坡面湿润松散堆积物,并在运动过程中进行剧烈搅拌而演变成泥石流,直达主河为止。崩塌泥石流规模有大有小,自始至终速度很快。滑坡泥石流的前期是滑坡的孕育过程,为时可能很长。

但由滑坡转化为泥石流时其过程依然是很短暂的。崩塌泥石流在茂汶至黑水途中沟口公社前2公里岷江左岸仅见一处。滑坡泥石流也仅见一处遗迹。它是1979年5月25日发生于成阿公路190公里处的耳浦。总计约有10万立方米固体物质，曾越过并堵塞杂谷脑河，使其断流一小时多，造成对岸7人死亡，淤埋公路长240余米，断续阻车达半月之久。还造成其他不少损失。至今杂谷脑河左岸尚有2.5万立方米残留固体物质（图版23照片2）。

（2）犁沟式泥石流。这种泥石流一般发生在 $30^{\circ}$ 左右的山坡上。坡地中上部坡度更大。土体饱水后，下滑剪切力超过抗滑内摩擦和粘滞阻力时，以快速向下运动方式，象一把犁一样凿开坡面，开出一条线状犁沟。土石体堆积于犁沟两侧。犁沟呈V字形（图版23照片3）。这种泥石流往往系坡面上初次发生。草坡或林下都能形成。由于规模很小，泥石流体沿坡面一边运动，一边侵蚀（开犁沟），一边又在堆积，故最终堆积量很小。最小在一立方米左右，最大很少超过10立方米。这种犁沟式泥石流一旦发生，有可能在下一年沿沟道重复发生，特别是在无植被覆盖的坡地土石层上更是如此。森林草坡下的犁沟式泥石流则只有在丰水年份的暴雨或大暴雨作用下才容易出现。

（3）切沟式泥石流。这是在犁沟式泥石流基础上继续发展演变的一种坡面泥石流（图版23照片4）。它的特点是保持沟槽的V字形，但无沟岸小堤状堆积。沟槽拓深1—1.5米，展宽2—3米。一次泥石流堆积量达10立方米以上，最大可达500立方米左右。切沟式泥石流已经具有一定破坏性了，对公路尤为明显。

（4）冲沟式泥石流。它是继切沟式泥石流的进一步发展。其特点是沟槽横剖面呈梯形式箱形，槽底宽30—100厘米，流域面积最大在0.2平方公里以下。一次泥石流固体物质来量从数百立方米到1000立方米左右。冲沟式泥石流对促成主沟泥石流暴发具有很重要作用，它的进一步发展便是泥石流沟。其危害已相当明显，有时导致重大伤亡惨祸发生。

上述各种泥石流是按自然成因粗略划分的。但还有在自然背景上的各种诱发因素促使泥石流发生。人类生产活动方面的诱发因素，如盘山渠道修建（渗透水饱和坡地土石层产生滑坡、崩塌），露天和井下采矿排弃土石不当（提供大量松散固体物质），山区铁路、公路修建（抛弃土石于山坡上），森林不合理采伐乃至毁坏（导致坡面径流汇集迅速，水土流失加剧，坡面侵蚀切割加快，崩塌、滑坡紧接发生，泥石流出现）等等。自然方面的诱发因素如森林自然毁坏，坡地发育过程的特定阶段， $\geq 6$ 级强地震发生（导致坡地土石层被振松，瞬间崩塌、滑坡等一系列物理地质现象大量出现，提供巨量松散固体物质；各种库、塘、湖泊等水域堤坝有时被振坏，造成溃决洪水；地下水在地震时突然涌流）等等都能导致泥石流发生。与诱发因素同时发生的情况也有，但不多。大量情况是间隔一段时间之后才陆续发生。我们统称之为诱发泥石流。已有人为泥石流、矿山泥石流和地震泥石流之说，能否成为分类系统中的有关部分有待进一步讨论。各种诱发泥石流在横断山区东部都不同程度地出现，其中以森林破坏、地震活动诱发的泥石流最为显著。修路、采矿、盘山渠道修建等诱发的泥石流有扩大之势。

### 三、泥石流发展趋势

泥石流是一定自然条件组合作用下的产物。形成泥石流的基本条件和各种触发、诱发、激发因素各自都在发展变化。这些条件和因素的变化集合起来又促使泥石流活动发展趋势呈波浪起伏变化。

横断山区东部泥石流活动今后发展趋势受以下因素强烈影响。

### (一) 暴雨

日降水 $>50$ 毫米的强暴雨一般都能激发有利下垫面发生泥石流。降水量级大、范围广、短历时(10分钟、15分钟、30分钟、1小时等)强度大,则激发的泥石流更多以致于普遍发生。

一个地区暴雨或大暴雨乃至特大暴雨的出现受大气环流和天气系统变化控制。大气环流和特殊天气系统的出现,在某种程度上具有重复出现的周期性特点。这导致暴雨泥石流的大量出现也具有起伏变化。1981年6—8月德昌、米易、会理、冕宁、石棉、汉源、甘洛和黑水知木林区等暴雨泥石流集中区也是川西历史上的暴雨或大雨中心区(见“四川省水文手册”,四川省水利电力局水文总站,1979年10月)。1981年雨季四川大暴雨普遍是50—60年一遇的重现期,个别地区是40年乃至100年的机率。因而1981年四川泥石流活动达建国以来的最高峰。这种情况今后会否出现,长期和中长期天气预报会作出回答。

暴雨的落区和落点是移动的。就是相同频率下的暴雨,其中心短时期内也很少在一个地点重复。因而,从一个地区或地点来看,暴雨泥石流在空间上显示出位移,有时是重复的特点。因此,暴雨量级、短历时强度、分布范围、出现频率、暴雨中心位置(落区和落点)等的变化都影响着横断山区东部泥石流活动高低起伏的变化。

### (二) 森林破坏

有人为和自然两方面的原因。人为原因如不合理采伐、人为森林火灾等。自然原因有森林自然火灾等。森林破坏导致坡地,特别是 $35^{\circ}$ 以上的陡坡地表失去被覆,暴雨、风、日照、辐射等等自然力直接作用于岩体和土石层,导致岩石风化加速,松散固体物质积累速率加快,水土流失日趋严重。这样,山地的自然条件日趋恶劣。反过来又加速地区和小气候变化,明显地使地区降水减少、分配不均、山洪频繁、土地贫脊。泥石流灾害开始出现并明显增多。一个地区森林毁坏可以在短时期内实现,但要恢复至少是相当长的历史时期,而且没有人类有意识的努力则很难成功。因此,森林植被从破坏到恢复的长过程,所留给泥石流活动的影响也具有明显起伏的变化。

### (三) 地震

横断山区东部有几个大的地震带。东北有龙门山—邛崃山地震带(北东向)和松潘—平武地震带(南北向),南有石棉—西昌—渡口市地震带(南北向)和马边—雷波(近南北向)及则木河(南东)三个地震带。西有甘孜—炉霍—道孚—康定,理塘—木里,巴塘—中甸三个地震带。这些地震带在历史上和近期都曾发生过多次6—7级以上的大地震。每次大地震除了直接造成很大经济损失和人身伤亡外,还使该地区褶皱强烈、断裂发育的古老地层遭受新的破坏,提供巨量各种形式的松散固体物质。这些大地震带,特别是横断山东缘的几条大地震带由于位处川西大降水带,因此每次大地震的当时(雨季中发生)和其后(旱季发生)都导致延续多年的泥石流发生。1976年8月松潘小河区连续发生了3次6—7级以上强震,当时的震中区泥石流密集成群地出现。1981年7月12—13日四川大暴雨中心不在1976年8月松潘地震中心区而在平武县南部。其中豆叩24小时降水达207.6毫米,平驿154.4毫米,桥头164.3毫米,但未造成较大的暴雨泥石流灾害。相反,1981年8月19—20日暴雨中心位在1976年8月3次大地震中心区,其中24小时(19日8时至20日8时)降水水晶为177.0毫米,大桥172.0毫米,阔达102.2毫米,城关158.5毫米,从而使51条泥石流沟同时暴发,灾害连片,损失很大。仅死亡人数就比1976年8月地震时还多。可见,暴雨中心区与地震中心区相迭加,则泥石流活动会明显地出现高峰。

#### （四）松散固体物质积累速率

对于一个地区或一条沟谷来说，没有相当数量的松散固体物质积累，或突发性崩塌、滑坡、坍方、揭底床冲刷等自然地质作用过程发生，瞬间提供大量松散固体物质，要发生暴雨泥石流是不大可能的。除了6级以上强地震之外，在常态条件下，积累到暴发一次泥石流的松散固体物质质量所需时间，各地区、各泥石流沟是不一样的。我们从若干泥石流发生的时间间隔与一次泥石流输送的固体物质总量的关系中可以反推当地或一沟的松散固体物质积累速率。当然还应当考虑岩性特点、形成时代、构造破碎程度、风化难易、一沟流域面积大小、地形切割深度、山坡坡度、已有第四纪地层特点和松散堆积物总量、自然地质作用类型和发育强度等等。还可以从悬移质输沙量占松散固体物质总量的百分比中，从多年平均悬移质输沙模数等值线图上去推求。当然，这些都是研究课题。从目前已知的资料估计，横断山区东部泥石流沟的松散固体物质积累速率大致在每平方公里、每年100至数千立方米之间。若遇大小崩塌、滑坡发生，或6级以上强地震，则松散固体物质积累速率成百倍地增长。因此我们看到，松散固体物质积累速率的变化也影响到泥石流活动规模的高低起伏变化。

#### （五）人类活动影响日益增长

随着山区工农业生产和交通事业的发展，人口增长很快，人类活动强度加大，开矿、修路、森林采伐、扩大坡耕地、修建盘山渠道等日趋强烈。横断山区东部从南到北十分明显。这些活动的某些不合理方面加剧了泥石流的发生和发展。1981年四川泥石流活动达到建国以来的高峰，除了6次大暴雨轮番袭击之外，人类活动不合理方面的影响是不可忽视的。当然合理的人类社会经济活动会使泥石流活动得以减弱乃至终止其发生。如西昌东、西河，黑沙河等地就如此。因此，人类活动对泥石流发生、发展的影响也是有强弱变化的。

上述5个强烈影响泥石流活动的因素中，暴雨和地震是威力强大的自然因素，人类无力控制。二者的出现均具有一定的周期性。森林毁坏既有人为原因，也有自然原因，近期人为原因尤为突出。松散固体物质积累速率既受各种自然条件控制，人类活动的某些方面也有一定的影响，有时是很大的影响。但各种自然条件的控制性影响是决定性的。人类活动的不合理方面可以加剧泥石流活动，其合理方面又可把泥石流活动降到最低限度。全面估计上述5个因素时，我们看到横断山区东部森林植被现状短时期内难以改观，松散固体物质积累速率将在相当长的时期内不会变小，人类活动影响的某些不合理方面也一时难以制止。即令一些问题解决了，新的问题又会出现。在一定时期内这三者都可视为相对稳定的因素。对泥石流今后发展趋势影响最为活跃而又最大的是暴雨和地震。因此，对于横断山区东部今后泥石流发展趋势问题，我们的初步结论是：今后一、二十年内泥石流活动仍是呈波浪式变化。每年都会有规模大小不等、地区不尽划一的泥石流出现。但在时间上会有年际之间的高低起伏，空间上会有位移和重复。其中大暴雨落区为数十年乃至上百年未曾发生过泥石流或7级以上大地震中心区，则会造成那个或那些地区泥石流活动的高潮。除此之外，泥石流活动具有局地性。泥石流沟除个别是每年皆会发生多次到数十次之外，绝大多数则以连续2—3年内或间隔1—3年、5—7年、10—15年乃至数十年才会发生一至数次泥石流。间隔时间愈长的沟，一旦泥石流发生有可能造成很大危害。白龙江碧口以上，涪江、岷江龙门山以内的中上游，大渡河色达、壤塘、刷经寺以下至沙湾，安宁河流域及雅砻江、金沙江中下游两岸各泥石流沟都有以上特点。

## 参 考 文 献

- (1) 中国科学院成都地理研究所编, 泥石流, 科学技术文献出版社, 1983(2), 24--28、44--48。
- (2) Шеко А. И., Закономерности Формирования и прогноз селей Москва «НЕ ДРА», 1980, 10с.

图 版 23

# THE REGULARITY OF DISTRIBUTIVE, TYPE CHARACTERISTICS AND DEVELOPMENTAL TENDENCY OF DEBRIS FLOWS IN THE EAST HENGDUAN MOUNTAIN

Lü Ruren

Chengdu Institute of Geography, Academia Sinica

Abstract

According to incomplete statistical data, there are 651 recently active debris flow gullies, 874 slope-surface debris flow gullies and 229 intermittent debris flow gullies in the east Hengduan Mountain. From east to west and northwest, the debris flows become less in number, weaker in activity, and less harmful. This is due to the regular variation in the composition of natural conditions for debris flow formation, and reflects of the zonal regularity in geography and the unzoned regularity in geological structure.

In the east Hengduan Mountain, there are two types of debris flows, i. e. debris flows caused by thawing of glaciers and snow, and those caused by rainstorms. Glacier debris flows are distributed mainly in Gongga Mountain Region. Debris flows in the Ridi Gully are caused by thawing of snow as well as rainstorm. They heavily endanger the highway from Chengdu to Lasa. Rainstorm debris flows is the most common and their damage is the greatest. They are divided into two types, i. e. the gully type and the slope type. The former occurs when block and break or erosion take place in a gully. They are of bigger scale and cause more serious damage. The latter are attributed to collapse and landslips, plough ditches, cut trenches and gullies etc. They are large in number, but their scale is mostly very limited. Almost all of them are viscous flows. Though a single debris flow on the slope is less harmful, but the total loss caused by them is great. Debris flows caused by human action have a tendency to increase.

Based on analysis of rainstorms, forest destruction, earthquakes, the accumulative rate of solid materials and human action, the author is of the opinion that the debris flow activity will be wavelike in the east Hengduan mountain in the coming 10—20 years. Debris flows of different scales may occur

in different regions every year. Their activity would be full of rising and falling from year to year temporally, and moving and repeating spatially. In regions where no debris flow has taken place in several decades or over a hundred years and which have been the central regions of earthquakes over 7 magnitude, heavy rainstorms could initiate an upsurge of debris flow activity. The longer the interval, the greater the damage when a debris flow occurs in the gully.

### 33. 横断山地区近期泥石流灾害分析

谭万沛 柳素清

(中国科学院成都地理研究所)

泥石流是山区的一种自然灾害。它暴发突然、来势凶猛,常给山区建设和人民生命财产带来严重的危害。因此,为了预防和避免泥石流灾害的发生,或减轻这类灾害,首先必须了解泥石流灾害发生原因,认识其灾害的性质和危害程度,以便采取相应的治理措施。笔者于1981—1982年对横断山地区的泥石流灾害进行了大量的调查研究,据目前所掌握的资料,对本世纪以来的泥石流灾害做一初步分析。

#### 一、泥石流灾害分类

泥石流灾害分直接灾害和间接灾害<sup>①</sup>。所谓直接灾害主要是指泥石流在形成过程中或运动途中,以及停积场地所波及的范围内直接冲毁的耕地、房屋、公路、铁路与各种建筑设施,或造成的人、畜伤亡及带来的其他灾害。这类灾害比较明显,易于区分,也便于统计。间接灾害,主要是指泥石流进入主河道增大洪水流量,或者泥石流堵断大江大河,然后形成堵溃洪水,冲淹下游的耕地、房屋、交通、水利设施等,以及冲毁公路、铁路、厂矿和各种建筑设施造成的阻车断道、停工、停产等方面的损失。这类灾害是泥石流的次生灾害,有的难以同大江大河的洪水灾害相区分,有的又无法进行统计。为了不致于把泥石流的灾害人为地扩大化,本文在进行灾害分类时,将上述几种情况的灾害尽可能加以区分,且以泥石流的直接灾害作为依据进行统计。

#### 二、泥石流灾害情况

##### (一) 泥石流的灾情统计资料和灾害特点

统计灾害资料的地区有:云南省的迪庆州、怒江州、大理州、丽江地区;四川省的凉山州、甘孜州、阿坝州,渡口市,雅安专区及绵阳专区的平武县。时间是1901—1982年,并将解放前和解放后的灾害分别进行了统计。其结果如表1:

由表1可以看出如下几个特点:

1. 泥石流的危害是多方面的,除表内所列项目外,还有被泥石流冲毁的工棚、畜圈、林木、苗圃、堤坝,以及农具等财物损失。这表明,泥石流在暴发过程中,一切“障碍物”都有可能受到其危害。

2. 泥石流危害的项目,解放后比解放前大有增加。就泥石流的灾害程度而言,解放后较解放前严重得多。以被泥石流冲毁的房屋和因泥石流死亡的人数来看,在82年间,毁房屋共9000多间,平均每年100多间。其中,解放前平均每年毁房屋9间,解放后平均每年毁房屋达260多间。解放后每年毁房屋数是解放前的28倍。因泥石流死亡3492人,平均每年死亡

<sup>①</sup> 徐俊名,1982,四川泥石流灾害历史和发展趋势初步分析(铅印)



表1 横断山地区泥石流灾情统计

| 时间    | 项目 | 人 员      |          | 牲畜<br>(头) | 耕地<br>(万亩) | 房屋<br>(间) | 县 城<br>(次/个) | 镇社<br>(个) | 学校<br>(所) | 公路<br>(公里) | 各种桥涵      |                  | 火车站<br>(个) | 电站<br>(座) | 电机<br>(台) | 汽车<br>(部) |
|-------|----|----------|----------|-----------|------------|-----------|--------------|-----------|-----------|------------|-----------|------------------|------------|-----------|-----------|-----------|
|       |    | 死<br>(人) | 伤<br>(人) |           |            |           |              |           |           |            | 总数<br>(座) | 其中<br>铁路桥<br>(座) |            |           |           |           |
| 解 放 前 |    | 879      |          |           | 1.4        | 460       | 18/9         | 5         |           |            |           |                  |            |           |           |           |
| 解 放 后 |    | 2613     | 463      | 7751      | 14.7       | 8608      | 63/20        | 15        | 18        | 669        | 1099      | 2                | 6          | 76        | 18        | 8         |
| 合 计   |    | 3492     | 463      | 7751      | 16.1       | 9068      | 81/24        | 20        | 18        | 669        | 1099      | 2                | 6          | 76        | 18        | 8         |

| 时间    | 项目 | 水库  | 水塘  | 堤灌站 | 水渠  | 磨房  | 钢材  | 水泥  | 化肥   | 电杆  | 木材             | 马车  | 砖瓦   | 粮食   | 其他 |
|-------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|----------------|-----|------|------|----|
|       |    | (座) | (个) | (个) | (条) | (座) | (吨) | (吨) | (万斤) | 根   | 米 <sup>3</sup> | (部) | (万块) | (万斤) |    |
| 解 放 前 |    |     |     |     |     |     |     |     |      |     |                |     |      |      |    |
| 解 放 后 |    | 10  | 32  | 14  | 64  | 101 | 2   | 488 | 15   | 389 | 1095           | 10  | 25   | 182  |    |
| 合 计   |    | 10  | 32  | 14  | 64  | 101 | 2   | 488 | 15   | 389 | 1095           | 10  | 25   | 182  |    |

43人。其中，解放前平均每年死亡18人，解放后平均每年死亡79人。解放后年平均死亡人数为解放前的4.4倍。

3. 泥石流的活动，解放后比解放前频繁。以泥石流对于县城的威胁和危害来看，区内共有24个县城曾遭受过81次危害。其中，解放前只有9个县城共遭受过18次危害，而解放后则是20个县城共遭受过63次危害，比解放前增加了一到三倍。

(二) 泥石流灾害与洪水灾害的区别

泥石流灾害，常伴随洪水灾害而发生。因此，历史上的泥石流灾害统计往往没有与洪水造成的灾害相区分，而有相当一部分的泥石流灾害归于山洪或洪水灾害之列。然而，泥石流的灾害与洪水带来的灾害相比较，在危害的方式、波及的范围、灾害的性质和严重程度等方面都有所不同。陡峻的地形，丰富的固体物质和充沛的降水是形成泥石流的客观条件。当其中一个条件不具备时，便不能形成泥石流。即，泥石流的发生和成灾都具有很大的局部地区性。故泥石流灾害的严重程度一般说来比洪水的灾害要轻。例如，1979年10月份，在怒江州和迪庆州发生了六、七十年一遇的大洪水灾害，共死亡161人，伤98人。据调查，其中因泥石流危害而死亡的只有77人，伤32人，仅是洪灾中死伤人数的三分之一到二分之一。在洪灾中，两个州共冲毁房屋5190间，毁坏电站29座，冲淤耕地18.7万亩。其中被泥石流直接冲毁的房屋只有131间，毁坏电站只有10座，冲毁的耕地也只有2万亩，比洪水的灾害轻。又如1981年，四川发生40年到100年一遇的大暴雨和特大暴雨，造成百年不遇的特大洪灾。在洪灾中，全省死亡1358人，受伤14509人<sup>(1)</sup>。而1981年四川省的泥石流灾害主要是发生在横断山地区内。不仅泥石流的活跃程度和分布范围达到解放后33年来的最高峰，造成的灾害严重程度也是本区历史上未有的。然而，资料统计表明，1981年在横断山地区的四川省部分，受泥

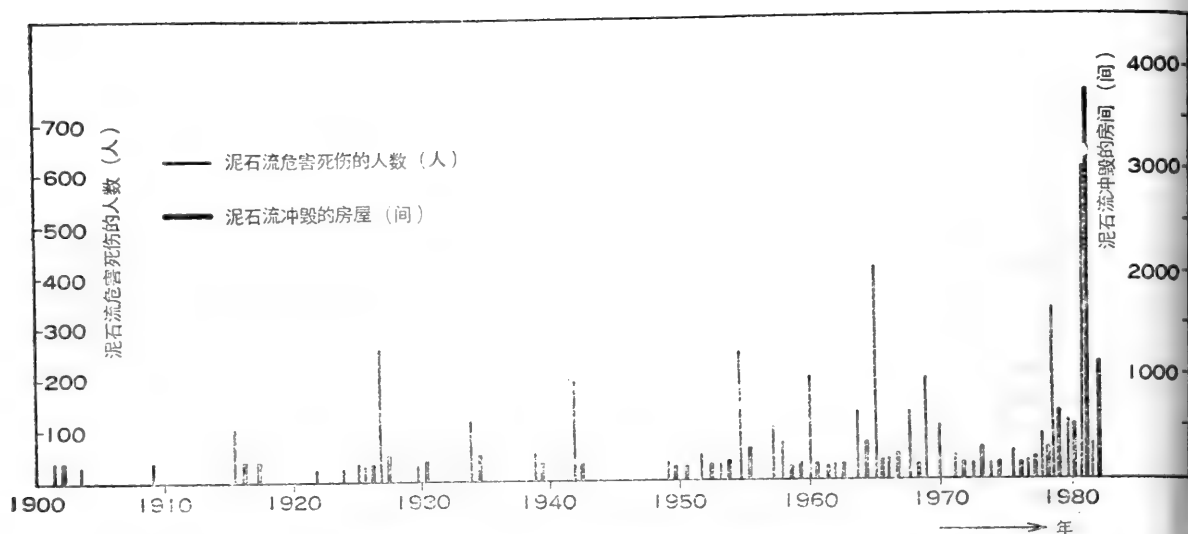


图1 横断山地区泥石流灾害历年死伤人数和冲毁房屋柱状图

泥石流危害死亡的只有423人, 受伤170人左右。因泥石流死亡的人数只占四川省洪灾中死亡人数的31%, 其受伤人数只占洪灾中受伤人数的1%。所以, 研究泥石流的灾害应该把洪水造成的灾害加以区分。

### (三) 泥石流灾害的演变历史

泥石流的发生, 不一定都给人类造成直接灾害。因其发生的场所和年代不同, 带来的灾害差异很大。因此, 研究泥石流的灾害, 必须研究它的历史演变情况, 以便预测今后的发展趋势。为此, 这里以被泥石流冲毁的房屋数字和因泥石流伤亡的人数为例, 绘制成图来分析灾害的演变历史(图1)。

由图1可以看出, 泥石流灾害的总趋势是随着年代的增长越来越严重。其中六十年代和八十年代的灾害最严重。究其原因有三:

1. 泥石流的活动。凡处于活跃时期和活动的高峰年代时<sup>①</sup>, 灾情就严重, 这是泥石流灾害演变历史的基本特点。

2. 泥石流灾害, 在很大程度上与人类经济活动的频繁程度有关。尤其是解放后, 随着山区经济建设的不断发展和资源的开发利用, 交通逐渐发达, 人口大幅度增长, 村镇越来越密集, 增大了被泥石流直接危害的可能性。这是泥石流的直接灾害随年代增长越来越严重的根本原因。

3. 泥石流灾害与生态环境恶化有关。生态环境的恶化与森林的大量砍伐关系密切。本区的森林资源, 在近几百年来被大量砍伐, 致使区域性气候条件变差, 促进了泥石流暴发频繁。解放后, 五十年代后期和六十年代末期, 又遭受乱砍滥伐及毁林开荒的破坏, 生态环境和区域性小气候更趋于恶化, 水土流失加剧, 泥石流暴发频率增高, 也是加重泥石流灾情的重要因素。例如, 德昌县茨达河的万年沟, 在1958—1959年间, 大量砍伐森林之后, 一场暴雨激发了泥石流, 冲毁耕地800多亩。又如1982年, 稻城县、乡城县和得荣县境内, 先后多处人为引起林区火灾, 烧毁森林, 致使历史上从未发生过泥石流的沟也暴发了泥石流, 造成

<sup>①</sup> 谭万沛、唐邦兴, 1983, 横断山地区暴雨泥石流活动基本特征

冲毁房屋等严重灾害。

### 三、今后泥石流的灾害趋势

综合分析可以看出,泥石流的灾害趋势取决于自然条件本身的变化和人类的活动两个方面。自然方面,在横断山地区,一般都具有泥石流发生的场地和地形条件,并贮备有丰富的松散固体物质。当降雨足以激发泥石流形成时,便暴发泥石流而可能造成灾害。因此,今后区内不同程度的泥石流危害仍将存在,并在泥石流处于活跃时期或高峰年代的灾害将更严重。此外,人类活动对自然生态环境的影响和人类对泥石流灾害的认识程度,与防灾能力大小是影响泥石流灾害发展趋势的一个重要因素。如果人类的活动促使自然环境继续恶化,那么泥石流的灾害必将趋向严重;反之,泥石流的灾害将会减轻。我国“森林保护法”的严格执行,对森林的恢复和生态环境的保护将起积极的作用,区内泥石流的灾害也必将逐渐减轻。另一方面,人们对于泥石流现象的认识在不断加深,对其危害也越来越重视,并主动积极地采取相应的预防措施和治理措施,其灾害也将会减轻。因而,从总的趋势看,今后区内泥石流的直接灾害有可能减轻。然而,森林的恢复需要一个过程,在短时期内,对防治泥石流还不能收到应有的效果。泥石流的工程防治措施,又需要在经济和技术条件许可的情况下才能实现。此外,许多人对泥石流的灾害尚缺乏应有的认识。本地区内的建设又在不断发展,人类的活动日趋频繁。所以,在一定的时期内,泥石流的灾害很可能还会有所增加,应加强防灾。

#### 参 考 文 献

李朝编, 1982, 抗洪救灾纪实, 四川人民出版社

#### AN ANALYSIS OF RECENT DEBRIS FLOW HAZARDS IN THE HENGDUAN MOUNTAIN REGION

Tan Wanpei                      Liu Suqing

Chengdu Institute of Geography, Academia Sinica

#### Abstract

Statistical analysis is made on the hazards brought about directly by debris flows in the Hengduan Mountain region in this century. Results show that during the 82 years of this century debris flows destroyed 9000 buildings, killed 3492 people and more than 7700 domestic animals, and damaged or silted up 1099 bridges and culverts, 76 hydro-electric power stations, 10 reservoirs and 6 railway stations. The hazards and events of debris flow have increased markedly after 1949 as compared with that before 1949, becoming more and more serious year after year. It is noted that debris flow hazards in 60's and 80's are the most serious. This is closely related with the intensity of debris flow activity, the frequency of human

economic activities and the degradation of ecological environment caused by forest destruction. Should no attention be paid to disaster prevention while local construction is accelerating and human activities are intensifying, debris flow hazards would increase. Therefore disaster prevention must be strengthened.

# 34. 横断山地区暴雨泥石流活动的基本特征<sup>①</sup>

谭万沛 唐邦兴

(中国科学院成都地理研究所)

近年来,横断山地区暴雨泥石流活动日益强烈,危害日趋严重,成为该地区工农业建设中的一个显要问题。作者通过1981—1982年综合科学考察,收集了大量实际资料,拟采用统计分析方法和典型实例剖析,对横断山地区暴雨泥石流活动特征作一初步分析。

## 一、暴雨泥石流分布特征

本文讨论的地区范围:四川、云南10个地、州、市,共含88个县(市),其中83个县(市)有泥石流(图1)。其分布是:北起南坪,南至渡口、大理,东自雅安,西抵巴塘、贡山的广

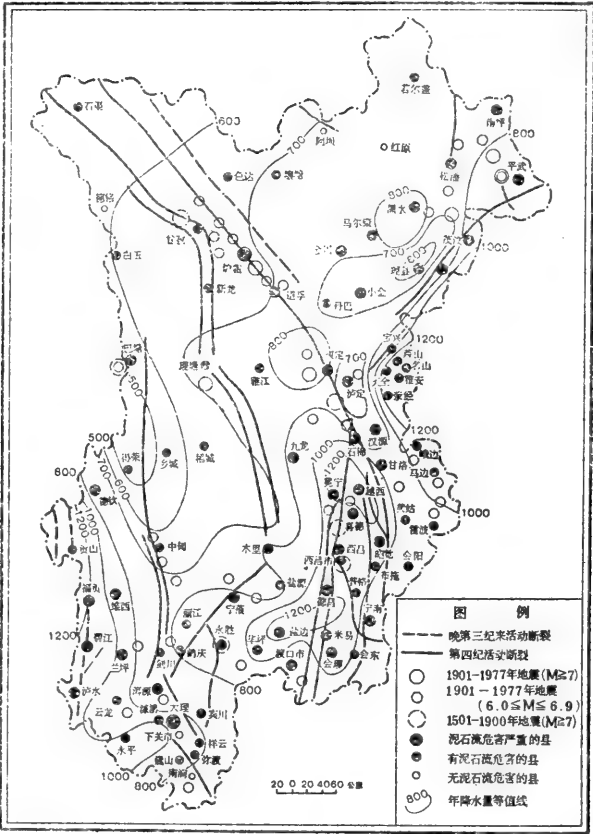


图1 横断山地区暴雨泥石流成因分析图(泥石流分布与活动断裂、强地震活动、年降水量的关系)

<sup>①</sup> 参加野外考察的还有李德基、吕儒仁、柳素清、刘世建等同志。杜榕桓同志对本文提了宝贵意见,表示感谢

大山区都有泥石流。特别集中发育于怒江中上游(贡山—六库)、澜沧江中上游(德钦—瓦窑)、金沙江中下游(白玉—雷波)、雅砻江中下游(炉霍—渡口)、岷江上游(灌县以上)、大渡河中上游(马尔康—峨边)、青衣江中上游(宝兴—雅安)、安宁河流域、涪江上游(平武以上)以及白水河(南坪县境)等江河的干支流河谷地带,表现为成带、成片、成群或点状分布。其分布特点主要由下面三个因素所决定:

1.受南北向构造断裂带控制 自晚第三纪以来,区内的活动性大断裂共有26条(图1)。其中22条为第四纪活动大断裂。除龙门山断裂带为北东走向外,其余断裂带基本上是南北走向的弧形带。这些断裂带往往也是泥石流活动强烈的地带。所以,构造带的南北走向控制了泥石流分布的总格局。

2.受地形条件制约 区内最新隆起的山地,从北部边缘的龙门山到西部的大相岭、大凉山和西南部的高黎贡山、云岭山。山脉走向受到构造控制,由北东向转为南北向,山势陡峻,江河切割强烈,形成岭谷相间排列的南北向高山峡谷,从而使区内泥石流多发育于南北向谷地两岸的一、二级支沟,且具有南北带状分布的特点。

3.受强地震活动的影响 区内有松潘—平武、甘孜—炉霍、康定—泸定、西昌—渡口、巴塘—理塘、中甸—剑川—大理等六大强震区(图1)。在强震区,一般地震烈度越高,泥石流活动越频繁,分布也越集中,且多呈带状、片状分布。

4.泥石流分布与年降水量也有密切关系 本区泥石流分布于年降水量500—1200毫米地区(图1),主要集中于700—1200毫米地区,具有成群成片分布特点。而在700毫米以下和1200毫米以上地区,泥石流则多呈点状分布。

## 二、暴雨泥石流类型特征

泥石流分类是一个复杂的问题。许多研究者根据不同的目的,采用不同的方法和标准进行分类,但至今尚无公认的统一分类原则和方法。就横断山地区来说,我们认为应以泥石流的发生机制来进行分类。该地区经常发生且危害严重的泥石流主要是暴雨所诱发的。因此,本文着重对区内暴雨泥石流作如下分类:

### (一) 按泥石流成因所作的分类(见表1)

由表1可以看出,本地区暴雨泥石流的活动特点,规模大小,以及危害的严重程度,与暴雨本身的成因和特性有密切关系。暴雨的空间尺度大,泥石流活动范围广,暴发的数量多;反之,泥石流活动地区小,暴发的数量有限。暴雨的降雨强度大,泥石流的规模大,危害严重;反之,泥石流的规模小,危害轻。

### (二) 按水动力条件所作的泥石流分类

#### 1. 暴雨直接类泥石流

这类泥石流发生在暴雨过程之中,暴雨停止泥石流也就结束。可分为以下几种类型:

(1) 暴雨激发型。该型泥石流最多,每年雨季都有发生。由集中暴雨洪水冲刷沟道两岸松散固体物质和沟床堆积物而形成的泥石流。如1981年四川甘洛利子依达沟的泥石流。

(2) 暴雨地震型。该型泥石流发育最集中,其活动与地震发生的季节和地震烈度有关。当地震发生在雨季时,由于地震对山体的破坏,产生大量的崩塌、滑坡,为泥石流形成提供丰富的固体物质,往往在暴雨激发下,暴发泥石流,在地震烈度高的地区,泥石流常呈带、片状分布。例如1976年8月四川松潘—平武发生两次七级以上地震之后,据笔者之一当时实地考察

表1 横断山地区暴雨泥石流成因分类表

| 类      | 型           | 指 标                                                                             | 泥石流活动特点、规模                                      |
|--------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 暴雨尺度分类 | 1. 区域性暴雨泥石流 | 暴雨空间范围在1000—20000 平方公里, 暴雨持续时间在10小时至数日                                          | 每隔数年发生一次, 泥石流活动在10—100多处, 规模以大、中型居多, 特大型较少      |
|        | 2. 局地性暴雨泥石流 | 暴雨空间范围在 10—1000平方公里, 暴雨持续时间在 1 小时至10小时                                          | 每年都有发生, 分布面最广、活动频繁, 泥石流活动在1—10 处, 特大、大、中、小型都可出现 |
| 暴雨量级分类 | 1. 特大暴雨泥石流  | 日雨量 $\geq 200$ 毫米                                                               | 区内数十年难遇到一次                                      |
|        | 2. 大暴雨泥石流   | 100毫米 $\leq$ 日雨量 $< 200$ 毫米                                                     | 每隔数年发生一次, 规模以大型、特大型为主, 危害严重                     |
|        | 3. 暴雨泥石流    | 50 毫米 $\leq$ 日雨量 $< 100$ 毫米。或30毫米 $\leq$ 日雨量 $< 50$ 毫米, 且最大 1 小时雨量 $\geq 10$ 毫米 | 每年都有发生, 规模以中、小型居多, 危害轻, 但很广泛                    |

察, 在一场暴雨作用下, 使地震烈度 7 度地区内发生泥石流130多处。地震烈度越大, 泥石流暴发的处数越多, 分布越密集。据统计, 在地震烈度 7—8 度地区内占总数的12.5%, 在 8—9 度地区内占总数的69.1%, 在 9 度以上地区内占总数的18.4%。按单位面积条数比, 在地震烈度 7—8 度内, 每100平方公里有1.4条; 8—9 度内, 每100平方公里有13条; 9度以上地区, 每10平方公里有8.3条。可见暴雨地震型泥石流的活动强度, 主要受地震烈度控制。

(3) 暴雨融雪型。在春季, 由于暴雪夹大雨, 雪降到地面很快消融与雨水一起汇集成洪水, 冲刷山坡和沟床松散物质形成泥石流。1975年云南福贡出现过这类泥石流。

(4) 暴雨人为型。由于人类的某些经济活动, 提供了大量的松散固体物质, 在暴雨作用下形成泥石流。因人类活动方式不同, 可分为森林植被破坏型(毁林开荒、林区火灾、过度采伐或采伐方式不合理等)、弃土弃碴型(修建公路、新建铁路、开采矿产等)、工程措施不当型(水渠渗漏)等泥石流。据调查, 上述各型泥石流, 在解放后, 区内都曾出现过。

## 2. 暴雨间接类泥石流

这类泥石流在暴雨过程中或暴雨停止之后都有可能发生。可分为以下几种类型:

(1) 暴雨滑坡型。由于暴雨集中, 土体达到饱和状态, 山体失稳产生滑坡, 在一定地形条件下形成快速滑动而直接演变成泥石流。如1981年四川德昌永郎滑坡型泥石流, 1982年冕宁浑水沟滑坡型泥石流。

(2) 暴雨溃决型。由于暴雨集中导致水库或塘堰溃决, 洪水冲刷下游河道及沟岸的松散固体物质形成泥石流。如1981年会理通安水库失事而形成溃决型泥石流。

(3) 暴雨堵河型。由于暴雨引起的滑坡或崩塌堵河成坝, 在主河洪水作用下天然堤坝溃决形成泥石流, 区内曾出现过多次。此外, 由支沟泥石流堵断主河道成天然堤坝, 然后溃

决形成再生性泥石流（一般为稀性），本地区经常有发生。

### 三、暴雨泥石流活动特征

据近百年（1880—1982年）间的资料统计分析，本地区暴雨泥石流的活动有如下特征：

#### （一）泥石流年内活动有显著的季节性

暴雨泥石流，主要以暴雨为激发条件，故其活动与降雨量的季节分配密切相关。本地区的降水，主要受季风影响，有明显的旱季（11月—次年4月）和雨季（5月—10月）之分。但由于地形复杂多变，各地的旱、雨季季节长短不一，雨型也不尽相同。其显著差异是南段（指横断山的云南境内部分）雨季开始早，结束晚。故雨季长，旱季短，且雨型表现出双峰型。北段（指横断山的四川境内部分）雨季开始迟，结束早。故雨季短，旱季长，且雨型呈单峰型。据584场泥石流统计，本区泥石流活动季节，早者发生于4月份（暴雨融雪型泥石流可在2、3月份出现），晚者至11月份，其活动时间长达8个月之久（图2）。但泥石流活动季节相当集中，其发生频次，在6—9月份占90%，7—8月份高达60%，活动的高峰在7月份，季节性十分显著。按地区进行统计结果，南段泥石流活动呈双峰型，主峰在9月份，次峰在4月份；北段泥石流活动则呈单峰型，高峰在7月份，存在地区差异（图2），与降雨的季节地区性差异相一致。

#### （二）泥石流暴发历时短暂夜发率高

据观测<sup>①</sup>，泥石流（从发生到结束）过程历时长短和规模大小，受短历时的降雨强度和持续时间长短的支配。如泥石流形成之后，短历时降雨强度继续增大，且持续时间长，则

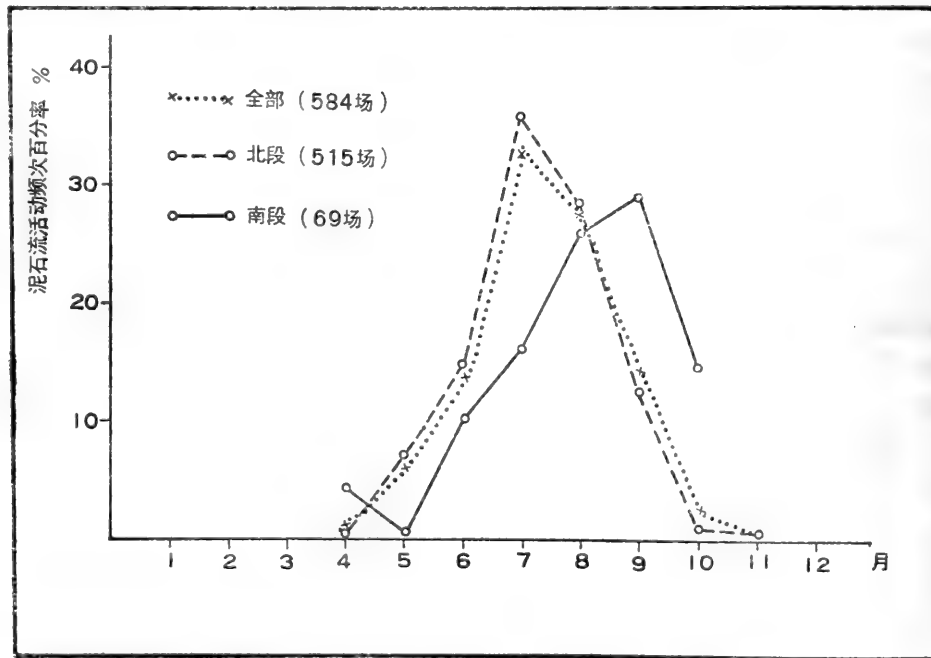


图2 横断山地区暴雨泥石流各月活动频次百分率曲线

<sup>①</sup> 谭万沛，谭炳炎，1981，三滩泥石流发生与降雨的关系（打印）



泥石流暴发过程长、规模大。当泥石流形成之后，如果降雨强度很快衰减下来，泥石流也就很快结束，乃至停积于沟内，规模也就小。据研究<sup>①</sup>，激发泥石流的暴雨有三种形式，在单位时间强度过程曲线图上表现出尖瘦的特点，过程雨量的70—80%集中在4—5小时内降落到地面。此外，如前述，本地区泥石流主要发育在江河干支流的一、二级支沟内，因其地形坡度陡，流域面积小，暴雨洪水汇流速度快，泥石流来势猛，成灾迅速。故本地区泥石流一般以暴发历时短暂为其特点。据调查，每一条泥石流沟，或一场暴雨影响下的邻近几条泥石流沟，其暴发的全过程一般只有几个小时，多数在2小时以内，短暂的仅有半小时。如1979年四川雅安干溪沟、陆王沟暴发的灾害性泥石流，冲毁村庄、淤埋工厂，造成164人丧生的严重灾害，其全过程仅半小时左右。又如1981年四川甘洛利子依达沟暴发的泥石流，冲毁成昆铁路利子依达大桥，造成列车颠覆事故，其暴发全过程也只是一小时左右。

本地区暴雨泥石流暴发的另一个特点是有时段性。因本区多夜雨，故泥石流多在夜间暴发。据部分资料统计，区内泥石流的夜间（20时至次日8时）暴发的频次高达90%，尤其以傍晚到次日零时左右暴发频次最高。泥石流夜间暴发难以防避，是加重人身伤亡和扩大灾情的重要因素。

（三）泥石流有齐发和单发的特点

如前述，由于暴雨成因和特性不同，本区泥石流活动具有单发和齐发的特点（见表1）。齐发，为大范围的区域性大暴雨所激发。如1981年6月27日，四川凉山州南部地区出现的区域性大暴雨，在日雨量大于50毫米的12000多平方公里范围内的8个县（市）都有泥石流活动（图3）。据不完全统计，此次暴雨激发的沟谷型泥石流有100多处，较大滑坡在10处以上。泥石流的水平分布，越到大暴雨中心越密集。其中，在100毫米以上地区的泥石流占了总数的50%以上。1979年怒江州出现的区域性大暴雨，也导致几十条沟一齐暴发了泥石流。区域

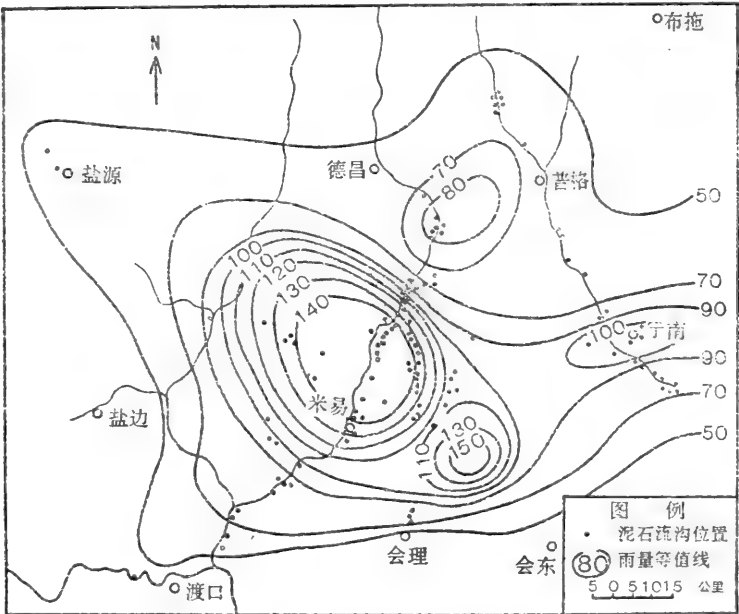


图3 1981年6月27日四川米易会理地区暴雨与泥石流的关系

① 谭万沛等，1982，四川省凉山州南部地区“81.6”暴雨泥石流成因分析（刻印）

—305—

性暴雨的短历时降雨强度一般不够大，泥石流规模以中、大型居多。但因降雨持续时间长，雨区笼罩范围大，暴发的泥石流数量多，危害面广，受灾部门多，造成的经济损失大。

单发，是由范围在数十平方公里到数百平方公里范围的局地暴雨或大暴雨所激发。局地暴雨的降雨时间短，但短历时降雨强度一般较大，往往使一条沟或临近的几条沟同时暴发大型或特大型灾害性泥石流。如1979年四川雅安一天全地区出现的局地大暴雨，实测最大降雨强度为74.1毫米/小时，最大时，10分钟内降雨达26.6毫米，在大暴雨中心地区造成8条沟暴发了泥石流(图4)。1980年云南福贡拉扎木底河暴发的灾害性泥石流，1981年四川甘洛利子依达沟暴发的泥石流，都属于局地暴雨激发泥石流。局地大暴雨激发的泥石流，虽然成灾面小，危害部门不多，但因泥石流规模大，带来的局部灾害却十分严重。这类暴雨激发的泥石

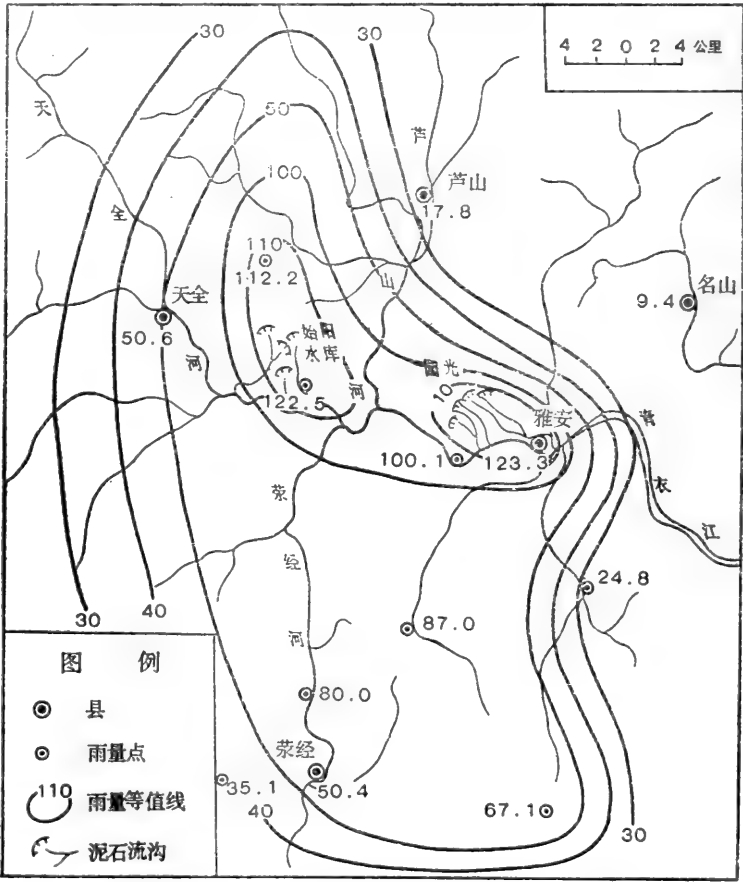


图4 1979年11月2日四川雅安天全地区暴雨与泥石流的关系

流，因其固体物质主要来源于沟岸坍塌和沟床堆积物的再搬运，且多表现为粘性。故一次大型泥石流过后，沟床形态多以冲刷下切为其主要特征。然后要经过较长时间（数十年）的物质积累过程，并要求足够大的降雨强度才能再次暴发泥石流。在活动时间上，其间歇期长，暴发频率低。可是一旦暴发，规模却很大，常造成局部地区毁灭性的灾害。四川雅安陆玉沟、干溪沟和甘洛利子依达沟属此类型。

无论是区域性暴雨激发的泥石流，或是局部地区暴雨激发的泥石流，其水平分布的共同

点是：泥石流都发育在暴雨或大暴雨的中心地区，越到暴雨中心，发生泥石流的密度越大，规模也越大，灾害也越严重。这表明了暴雨中心落点是决定暴雨泥石流空间分布的关键。

（四）泥石流有重发的特点

本地区每年雨季都有泥石流发生，这是泥石流重复性的一种含义。此外，在一年内，随着雨季的到来，暴雨中心的移动，泥石流活动在空间分布也随之转移或重复发生。从1981年本区北段泥石流活动情况看，5、6月份泥石流集中在四川凉山州南部地区发生。7、8月份泥石流集中在阿坝州和甘孜州发生。随后泥石流活动又从北往南移，后又由南向北发展。南北往复，在一个地区先后发生多次。就一条沟而言，有多年来连续暴发泥石流的，如四川黑水芦花沟、金川八步里沟。有一年暴发多场泥石流的，如四川盐边下荒田沟、渡口市新庄电厂沟。

（五）泥石流活动有明显的周期性

泥石流作为一种自然现象，有一定的活动规律。明显的是其活动具有周期性。这里讨论的不是一条泥石流沟的活动周期，而是指整个横断山地区泥石流的周期性。据目前已有资料，将本地区近100年（1880—1982年）来的泥石流活动情况，按年分月、分县进行了统计，作出历年泥石流活动规律分析图（见图5）。由图5中曲线①②看出，本地区近百年的泥石流活动有明显的周期规律性。在100年间，区内泥石流曾出现过三次活跃时期，两个间歇时

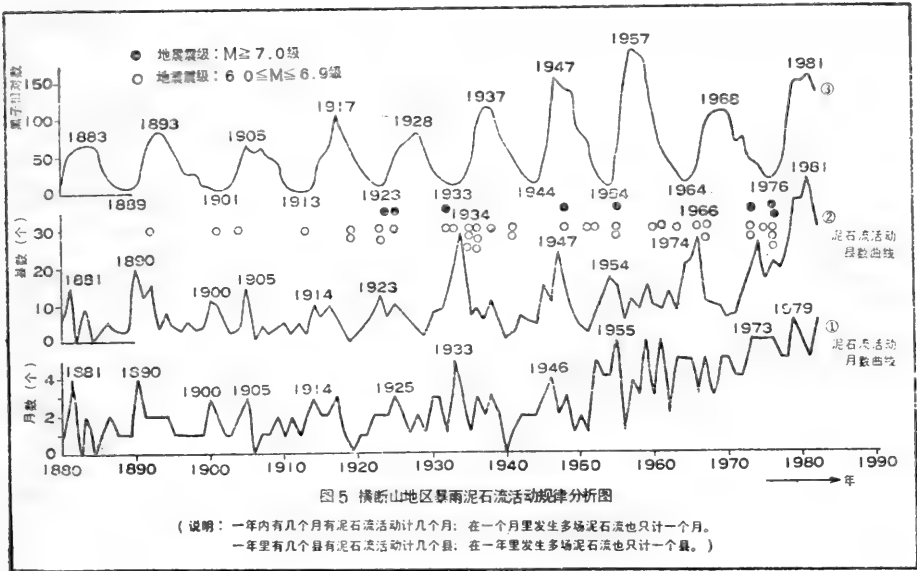


图5 横断山地区暴雨泥石流活动规律分析图

期。其活跃期的高峰分别在19世纪的九十年代初，本世纪的三十年代中和八十年代初，周期长度为45年左右。在两个间歇期内又各有4次明显的活动高峰，一个小的峰接一个低槽，呈波浪式发展，其平均周期约为9年。此外，曲线还表现出2—4年的准波动性。

暴雨泥石流活动周期规律，受许多自然因素变化规律的影响。大气降水的丰欠和集中程度、大气环流的异常变化、地震活动的频繁程度、太阳活动的强弱等，都将影响到泥石流的活动周期。但在上述诸因素中，最终而直接对泥石流活动周期起作用的是大气降水的变化。为此，在本区选了四川松潘、康定、雅安、西昌和云南大理等5个代表站，分别求出各站历

年（1937—1982年）降水量距平百分率，再将5个站的历年距平值依次相加，再求平均值后进行三年滑动平均作成图（图6），用以分析泥石流活动与降水量变化的关系。将图6与图5中曲线①②对比可以看出，泥石流活动周期规律与年降水量的5个峰值相对应。表明泥石流活动周期与年降水量密切相关。泥石流活动的高峰年份，在降水量由低谷年份转入高峰年份的上升阶段出现次数最多。这可能与大气环流的转换形式有关。由图6可看出，1981年的年降水量是显著偏少的。但本区泥石流活跃程度是解放后三十多年来最强烈的。该年泥石流暴发

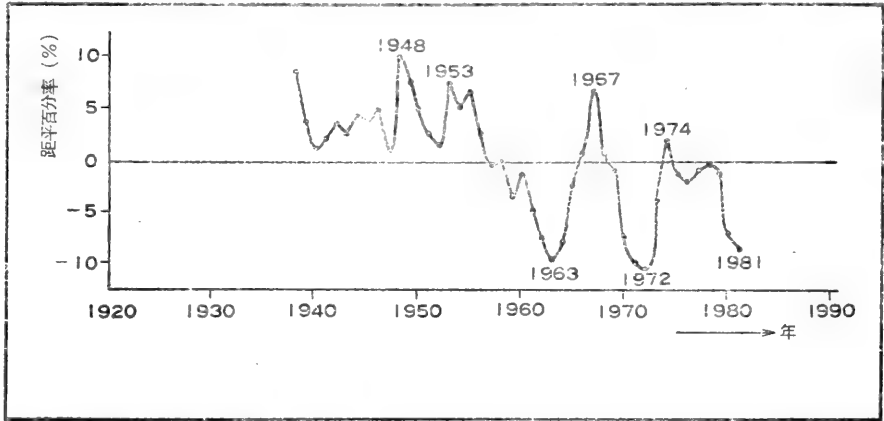


图6 松潘、康定、雅安、西昌、大理五站历年降水量距平百分率平均三年滑动曲线

最频繁（据统计，在5—9月份的153天里，区内有泥石流活动的日数是86天，占总日数的一半以上）。空间分布范围最广（40多个县），规模大，灾害类型多，损失最严重，是历史上少有的。由此可见，仅用年降水量多少，还不能完全说明暴雨泥石流的活动强弱。从资料分析表明，1981年本区泥石流活动最强烈的主要原因是暴雨频繁，过于集中而降雨强度大所致。

泥石流的活动周期规律，与太阳活动周期性密切相关①②。太阳活动不仅影响一个地区泥石流的活动周期，而且影响到全球泥石流的活动周期②。为了比较分析，在图5中划出了1880—1982年间太阳活动黑子相对数的11年周期变化曲线。可以看出，泥石流活动的高峰年份，一般出现在太阳黑子相对数11年周期变化的低值年附近或高值年附近，且以前者情况下出现的几率高。即太阳活动黑子相对数急剧增加或减少，都将影响泥石流活动增强。

泥石流活动周期规律，还受强地震活动影响。两者之间的关系，过去没有人进行过分析研究。根据中国地震资料，在1880—1977年间，本地区内共发生震级在六级以上地震45次。其中震级在七级以上地震8次，分别标注在泥石流活动规律分析图5上。由图5可以看出，本地区内地震活动最活跃的是三十年代中期和七十年代中期，与泥石流的两次活跃期基本相对应，表明泥石流活动周期与地震活动有密切关系。但是地震活动最活跃的年份，整个地区泥石流活动又不一定最强烈。如1976年本地区内发生六级以上地震5次，其中七级以上地震2次，是近100年内地震最活跃的一年。但本区泥石流活动县数该年并不是最多的。因为地震活动受地区局限性，从对泥石流的影响范围，不如大气降水的影响范围宽，故泥石流活动县数就不见得多。

综上所述，本地区暴雨泥石流活动的发展过程有明显的周期性。其活动规律与降水、太

① 谭万沛，1979，西藏泥石流活动周期初步探讨（刻印）

② 中国科学院成都地理研究所，1980，地理译文集（4），第109页

阳活动、地震都有密切关系。但是,由于泥石流现象是在多种自然因素,以及人为因素综合作用下形成的,比较复杂。泥石流发生的机制至今没有研究得十分清楚<sup>(1)</sup>。所以泥石流活动周期规律,同上述自然现象的变化规律之间的本质联系有待进一步深入研究。

#### 四、泥石流发展趋势的估计

根据前述泥石流活动周期规律分析,今后本地区的泥石流发展总趋势,仍将是一个高峰接一个低槽,一个活跃年份接一个平静年份,以波浪形式发展。影响泥石流活动的因素,有自然和人类两个方面。自然因素中地质地貌条件变化很缓慢,唯大气降水变化对泥石流活动影响显著。大气降水既是激发因素又提供水动力条件。因此,泥石流发展趋势关键在于大气降水的演变趋势。从降水趋势看(图6),本世纪八十年代后期或九十年代初,降水是偏多的。因此估计在八十年代末期或九十年代初期,本地区暴雨泥石流的活动将有一个高峰。从太阳活动黑子相对数变化规律,也可以得到同样的结果。

#### 参 考 文 献

武居有恒等著,1981,《地すべク・崩壊・土石流》,第三章,65页

#### BASIC CHARACTERISTICS OF RAINSTORM DEBRIS FLOWS IN HENGDUAN MOUNTAIN REGION

Tan Wanpei

Tang Bangxing

Chengdu institute of Geography, Academia Sinica

#### Abstract

Rainstorm debris flows are widely distributed in Hengduan Mountain Region. Among the 88 counties and towns of the region occurrence of debris flows has been recorded in 83. debris flow gullies develop mainly in SN and NE deep and large fracture zones, newly upheaved mountain systems and deep-cut valleys, as well as strong earthquake belts. The distribution of debris flows is not only determined by structure, but also influenced by precipitation. Thus its distribution takes the shape of belts, sheets of points. The period from April to November is the active season of debris flows, with July as the climax. The duration of debris flows is short and generally lasts one hour or two, sometimes only half an hour. 90% of the debris flows occur at night. Rainstorms that cause debris flows may be regional or local. Debris flows caused by rainstorm are mainly distributed in the central region of the rainstorm. The debris flow activity in the region has periodicity and fluctuation with respective scales of about 45 and 9 years. The appearance of active climax of debris flows is closely related to solar activity, and is often near the low-value year or high-value year of the eleven-year cycle of the relative number of active sunspots. It is forecast that between late 80's and early 90's of the century another climax of fluctuation of debris flow activity will emerge in this region.

## 35. 横断山东北部地区人为泥石流

柳素清 唐邦兴 谭万沛

(中国科学院成都地理研究所)

横断山地区泥石流分布广泛、活动频繁,严重地威胁着山区人民生命财产安全和各项建设。随着山区国民经济不断发展、人类经济活动日益加强而带来的不合理性,突出表现为林业经营方式不当,破坏性的砍伐森林,落后的耕作方式而引起山地自然生态平衡失调,导致环境退化,促进泥石流的发生发展。本文仅对横断山东北部地区(四川阿坝与凉山州和渡口市),人为泥石流作初步分析,文中不妥之处,请予指正。

### 一、人为泥石流成因分析

横断山东部地区泥石流主要分布于涪江、岷江和大渡河中上游以及雅砻江、金沙江部分地区。从泥石流沟数量看,其分布特点由东向西逐渐减少,即由盆地边缘山地向高原递减,并由片状分布到点状分布。由北向南在盆地边缘山地常绿阔叶林区(包括山地湿性常绿樟栎林和山地干性常绿松、栎林)以及亚高山针叶林区呈带状分布,约有50%以上的泥石流密集分布于此带中(见分布图)。

人为泥石流的形成,多因人为因素而破坏森林生态系统,干扰土壤生态,使森林失去或降低水文效益,土体结构遭受破坏,造成环境退化,促进泥石流发生发展。

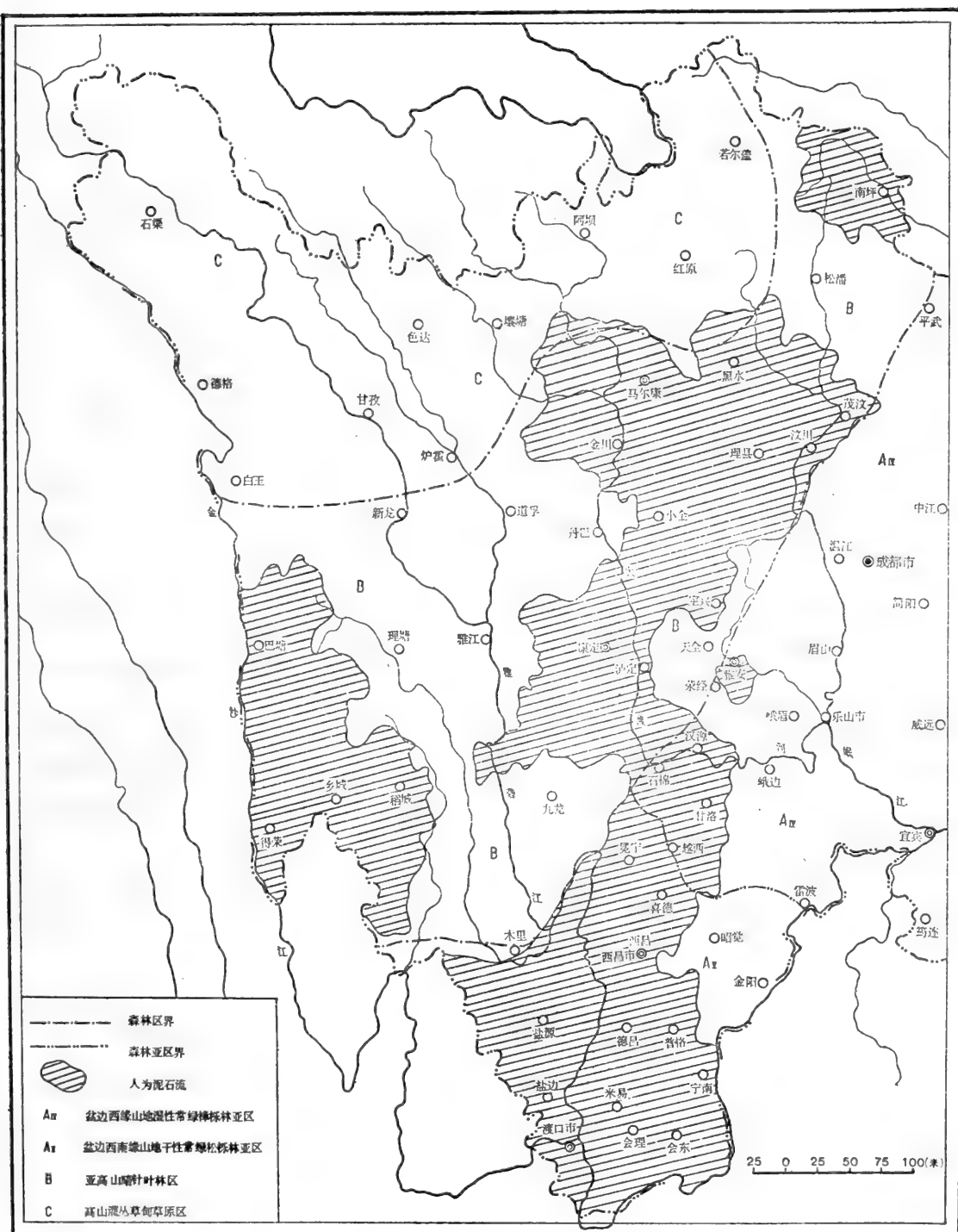
人为泥石流多发生在矿山开采、铁路与公路新线修建、森林采伐、农田水利建设以及扩大农业生产等人类经济活动比较频繁的山区。就横断山东北部地区自然条件来看,对于泥石流的形成是十分有利的。该地区地质构造复杂,断裂严重、岩层破碎,且受强烈地震影响,产生丰富的固体松散物质;山地地形陡峻,沟床与沟坡较陡,具有利于泥石流形成和运动的地形条件;该区域降水量充沛且多暴雨,具有利激发条件和水动力条件。

在上述有利泥石流形成的自然条件基础上,加之人类不合理的经济活动,使横断山东北部成为人为泥石流活动强烈地区之一。

据1981—1982年实地调查资料分析,人为泥石流成因主要有以下几方面:

#### (一) 森林集中过伐,采育失调,加剧了引起水土流失,导致泥石流暴发

横断山东北部亚高山针叶林区与盆地南缘松栎林区是四川省主要用材林生产基地,也是四川主要森林分布区域,其中岷江流域占16.1%,雅砻江占15.7%,大渡河为13.3%,金沙江为13.5%。用材林中以针叶林比例最大(约85.3%),防护林占林地面积的21.3%。但解放以来,由于更新跟不上采伐,森林覆被率日趋下降,例如岷江上游五县(理县、松潘、黑水、汶川、茂县),在元朝时森林覆被率为50%左右,解放初为30%,七十年代末降至18.8%。据阿坝林业部门介绍,该州森林覆被率为14%,可以利用的总蓄积量为3.2亿立方米,按国家现在下达指标采伐,30年后即可采伐光。但解放初所造的林,需30年后方可进入采伐年龄,加之采伐方式不合理,集材方式落后,造成迹地自然更新条件差,人工更新跟不上,木材面临枯竭的危险,森林生态系统难以恢复。凉山州雅砻江流域采伐时间虽短,而采



伐强度较大。安宁河流域飞播的云南松林，抚育管理粗放，毁林开荒、刀耕火种严重，泥石流灾害频繁。1981年岷江上游五县雨季有129条沟暴发泥石流，都与流域内的森林过伐而破坏森林生态系统有直接关系。

森林具有多方面效益，有水源涵养，水土保持及防护作用。可提供国家一定的木材，在少林的山区，森林的防护与保水固土作用更为突出。各种效益的森林都可以采伐，但采伐不能只为了取得木材，在采伐方式上应因林而宜。

历史教训告诉我们：一般情况，森林生态系统破坏乃至毁灭，导致灾害，都是由于采伐方式和采伐量不合理，也就是人们常说的“乱砍滥伐”与强制采伐（过量采伐）而引起的。到目前为止，川西岷江上游森林过伐的结果，出现了新的荒山和未更新迹地。茂县、汶川、理县等地，今日大面积荒山石海，是历史上“过伐”与“乱砍滥伐”的见证，也是这些地区泥石流经常暴发的原因之一。

例如：①会理林场采伐区，自六十年代开始采伐，20多年来将10公里范围内的林木采伐殆尽，又不及时更新，却在迹地种粮食，1981年山洪泥石流暴发致使“111”地质队某分队遭受严重损失。

②阿坝州川西林业局的某伐区，1978年在45°以上的坡地（禁伐区）实行了皆伐，1979年雨季刚暴发泥石流。据测定，不同采伐方式使采伐迹地含沙量不同，一般为0.3—0.8克/公升，其中皆伐迹地可达0.73克/公升<sup>(1)</sup>。

上述实例表明，不合理的采伐方式，会使山地森林生态系统破坏，坡地水土流失加剧，以至发展恶化为泥石流灾害。

## （二）落后与不合理的集运材方式，破坏地表结构，造成水土流失，加速沟床侵蚀，促进泥石流形成

一般串坡集材或串坡敞洪集材都严重地破坏地表，使集材道逐渐扩展成冲沟（图版23，照片5），而机械化集材的拖拉机、绞盘机集材同样破坏地表而造成土壤侵蚀，都给泥石流形成提供一定固体物质与有利地形。阿坝州理县至米亚罗段杂谷脑河两岸山坡，串坡集材道密布，有的寸草不生已发育成泥石流冲沟。

四川林区的运材方式有山场陆运和水运。其水运有堵水设施和诱导设施抢洪流送，修建水堰渠道流送。小河修闸堵水单漂流送，大河诱导捞搓工程单漂流送，这几种水运方式都会由于修筑工程质量差和措施不完善而引起流送的木材撞击河岸，加剧河岸侵蚀，大洪水冲垮渠道，造成溃决洪水或泥石流，河岸坍塌与滑坡。

例如：①汉源县大树公社海螺大队邱家河心，1981年6月20日大雨之后，大渡河中利用抢洪流送的原木，因诱导设施不完善而冲入农田，致使550亩土地全被原木淤埋。

②岷江中水运的木材，由于诱导设施不完善，大量木材撞击河岸，于1982年6月造成了茂县周昌坪大滑坡活动暂时堵江，又溃决冲毁公路长达300余米，断道达两个多月之久的严重危害。

③阿坝州马尔康林区“303”林场第14与17采伐沟，1981年8、9月份，曾因坡地上伐后不清理迹地，将枝桠堆积于山坡引起泥石流而冲走木材的危害。川西林业局伐区内梭罗沟支沟塔子沟，1979年7月也因此而暴发过泥石流。

④茂汶—北川之间的宝鼎山下神溪沟，由于当地群众把山坡上的林木实行了大面积皆伐，破坏地面结构和生态环境，1981年雨季发生了泥石流，山坡上的原木汇同泥石流一并冲下，损失原木约2万立方米。



### （三）毁林开荒、烧草开垦、刀耕火种、陡坡垦殖而导致泥石流灾害

横断山东北部地区毁林、烧草开荒，刀耕火种严重（图版23照片6），使森林减少，造成水土流失，加多泥石流暴发机率，增加江河的泥沙。这种违背自然规律的做法，其结果不仅使坡地上田土被冲毁，造成粮食减产，而且危害山区建设。例如①宁南县城后山阴阳沟泥石流暴发威胁和危害县城安全。②1981年雅安七盘公社吴家山发生0.2平方公里的大滑坡导致泥石流，都是毁林开荒与垦殖的恶果。③凉山州越西县由于毁林开荒水土流失加剧，据岩润水文站1978年资料，有215万吨的泥沙带入牛日河中，相当于5800亩5寸厚的土地，其中含氮、磷、钾4.3吨。④凉山州盐源县刀耕火种造成严重水土流失。据1978年县调查资料，仅在上半年一个树河区烧山种地就有78次之多。某区一次烧山长达10天。该县的坡耕地大于25°以上的约占总耕地面积的61%。⑤阿坝州壤塘县的嘎多公社“烧灌育草”发展牧业，某年烧了大片的玄白花小灌木（据阿坝州林科所介绍），烧后当年雨季暴发泥石流，冲毁40亩农田。

### （四）兴修水利措施不当和砍林破坏山体引起泥石流灾害

金川县八步里沟的环山水渠由于多处渗漏而引起支沟与坡面泥石流（图版24，照片1）。1982年8月23日其支沟（嘎崩沟）由于水渠渗漏，而发生滑坡型泥石流，淤埋两户住房。1980年8月5日晚11时凉山州木里县博凹公社暴发的灾害泥石流，即是因修水电站破坏山林及施工弃土不当，在暴雨激发下而发生大滑坡，堵塞渠道引起漫水，汇同弃土酿成泥石流冲入电机房，造成重大损失。

### （五）矿山开采与开矿弃渣、修路、挖坡破坏山坡稳定，引起崩塌、滑坡而导致泥石流灾害

在我国半干旱、半湿润和湿润山区，由于大规模的露天开矿将土石堆于陡坡与谷地。排土场地未加处理，从而成为泥石流固体物质补给源地，在雨季常常暴发泥石流。如成昆铁路泸沽盐井沟矿山泥石流，即是自1970年以来由泸沽铁矿的排土弃渣不当，使其由衰亡的泥石流沟重新复活<sup>①</sup>，至今仍威胁着成昆铁路的营运和泸沽镇的安全。又如会理县1981年雨季就有15个采矿区，因山洪泥石流暴发而造成停产，损失矿石13.55万吨，冲毁数十条公路，造成经济损失达110多万元。

修筑或养护公路时，往往只顾开挖取土之便，忽视边坡和山体的稳定，由此而造成边坡失稳，产生滑坡或崩塌，而导致泥石流的发生（图版24照片2）中断交通运输，破坏公路工程 and 设施。如川云西路在会理县境某处改道，把公路上下山坡的森林全部砍光，在1981年6月10日暴雨激发下形成了泥石流，造成冲垮水库，淤埋千亩良田的灾祸。

## 二、人为泥石流防治

人为泥石流是山区自然资源开发利用中所出现的一个突出问题，常因泥石流发生及其危害给山区国民经济建设带来较严重的影响，因此在山区资源开发利用时，必须重视人为泥石流的防治。

事实告诉我们，人为泥石流的防治原则，应以预防为主，“防”重于“治”，以工程措施为先导，工程措施与生物措施结合的综合治理。尤其重要的是恢复山地自然生态环境，保

<sup>①</sup> 唐邦兴、柳素清，1982，成昆铁路盐井沟矿泥石流初步分析

护山地森林生态系统平衡,遵循自然规律而制定切实可行的治理方案。

### 1. 以防为主,防治结合

人为泥石流是因人们不合理经济活动所引起的,因此预防人为泥石流的发生、发展和危害首要的是控制和防止人们不合理经济活动。其重要措施为恢复和保护山地生态环境,抑制泥石流的形成,特别是要严格执行“森林保护法”、“环境保护法”,方能达到预防之目的。而对已经发生泥石流的流域进行全面治理,从而控制泥石流的发生发展。

### 2. 原因有别,因地制宜

由于人为泥石流形成条件多样化,影响因素十分复杂,成因有所不同。因此人为泥石流治理需根据其发生的具体条件和原因,以及山地自然环境特点,因地制宜选择治理措施。如矿山泥石流治理,不仅要合理选择排土场地,而且要对废弃土石集中堆放,并筑坝锁沟处置,方能取得防治泥石流之效果。在宜林而森林受到破坏的山区,则采取生物防治措施,通过植树造林,封山育林,从而达到稳定沟床,固定山坡,抑制泥石流的发生发展。

### 3. 全面规划,综合治理

人为泥石流产生是综合因素所致,特别是山区建设未能进行全面规划和统筹管理情况下,破坏了山地生态平衡,强化了泥石流等自然灾害,给山区建设带来了严重的影响。因此对人为泥石流防治,首先做好全面规划,并结合山区建设,山地资源开发利用,合理布局统筹管理。其次,在规划基础上进行综合治理。对于活动强烈,危害严重的泥石流沟,必须是工程先行,控制其活动范围与发生条件,工程与生物治理结合,恢复山地森林生态系统,稳定沟坡防止滑坡扩展,消除水土流失,抑制泥石流的发生条件。如四川喜德东沟泥石流综合治理,在全面规划基础上,于主沟修建五道拦渣坝工程 and 在全流域,特别是在泥石流形成区植树造林、退耕还林和封山育林等生物治理措施,取得了预期效果,基本上控制了泥石流。喜德东沟泥石流在七十年代初期和中期活跃发展,主要是由于主沟上游的水源涵养林与坡地上的水土保持林被毁改为耕地,使之储备了丰富的固体物质,于1970年5月26日和1974年5月27日暴发了灾害性泥石流。1974年是在半小时内降雨42.4毫米,激发了一场较大规模的泥石流,造成冲毁县自来水厂、公路桥。泥石流龙头翻越县城大礼堂,威胁县城的生命财产安全。从1975年综合治理以来(工程于1979年6月竣工,生物措施1975年实施),每年都经受过40毫米以上的日降雨量考验,1982年曾发生日降50毫米以上的暴雨,但由于森林植被恢复和防治工程作用而未暴发灾害性泥石流,使县城安全有一定保障。

## 参 考 文 献

- (1) 杨玉波、李承彪、周钦周,西南师范学院学报(自然科学版),1981(1),107—118。
- (2) 柳素清,1981,四川喜德东沟流域植被对泥石流形成的抑制作用,泥石流论文集,1981(1),40—42。

## MAN-MADE DEBRIS FLOWS IN THE NORTHEAST HENGDUAN MOUNTAIN

Liu Suqing, Tang Banxing, Tan wanpei  
Chengdu Institute of Geography, Academia Sinica

### Abstract

The northeast Hengduan Mountain is one of the debris flows developing regions in China. The debris flows there are characterized by wide distribution, frequent activity and great harm. Man-made destruction of the ecological system of forest and interference in soil ecology lead to loss or lowering of the hydrologic effects of forest and breakup of soil structure. As a result, natural ecologic equilibrium is offset resulting in the generation and development of debris flows. Most of the man-made debris flows in this region occur in places where human economic activities are frequent and economy is more developed. For example, in many mountain regions where are carried out mining, railway and highway construction, deforestation, farmland and water conservancy construction and development of agricultural production, man-made debris flows are an outstanding problem brought forth by the excessive use of mountain natural resources. Because debris flows often cause great damages to the national economy construction in mountainous regions, due attention should be paid to their prevention and control in the development and use of mountain resources. Prevention should be highlighted for man-made debris flows, which is more important than combatting. Engineering measures should be combined with biological measures. In China, successful experiences in man-made debris flow prevention and control have been obtained, especially in Sichuan Province. For instance, the comprehensive control of man-made debris flows in the East Xide Gully, Liangshan of Sichuan Province is very effective.

## 36. 森林火灾与泥石流

柳素清 谭万沛

(中国科学院成都地理研究所)

“林火”是引起森林灭亡最快的一种灾害,可谓“星星之火,能毁百年之林”,“百年营林,亡于瞬间”。严重的森林火灾不但会使“林海”变成“秃山”,使山地上宝贵的财富化为灰烬;使山地土壤在短时间失去被覆,干燥瘠薄,结构破坏,而且还导致严重水土流失,甚至伴随泥石流灾害。

横断山地区森林火灾严重,由于森林火灾而破坏森林生态系统之后,有的则当年暴发大规模泥石流。本文通过两年来对横断山地区泥石流考察,仅对森林火灾而引起泥石流灾害做一初步探讨。

### 一、森林火灾危害与泥石流发生

我国是一个少林国家,且分布不均匀。横断山区是我国主要林区之一,其中四川、云南森林资源占有很大的比例。由于这两省独特自然环境和人类经济活动的不合理性,以及营林措施粗放等,使森林火灾比较严重。因此,森林资源由于火灾损失数量十分惊人,比世界上森林覆被率高的国家,如日本、美国等多林国家严重的多。据统计资料:由1960—1969年间,日本六年森林火灾平均5926次,火烧面积平均19.3万亩,美国十年平均11.77万次,火烧面积平均2761万亩<sup>[1]</sup>。据四川省资料:1966—1976年(缺1968年)统计,森林火灾面积达315万亩,损耗资源1420万立方米,相当于700万立方米的原木。仅1979年森林火灾受害面积达49万亩,1—6月份共发生万亩以上的特大森林火灾7次,受害面积14万余亩<sup>①</sup>。四川省的面积不足两倍于日本国土面积,而森林火灾面积则为日本的16倍(日本的森林覆盖度为68%,四川省为13.3%)。云南省的森林火灾也很可观,据不完全统计,从1950年到1978年,森林火灾达46万多次,成灾面积为1.5亿亩;仅1978年10月到1979年8月,十个月内发生火灾10400起,延烧森林840万亩,等于全省三十年造林保存面积的65%<sup>②</sup>。以云南省怒江州贡山县为例,1981年由于人为火源而引起的森林火灾47次,烧毁森林8658亩。1982年就有31次,烧毁森林达10783亩。我国森林火灾发生之后,往往都无有效的防治措施,使大片的森林毁灭或因火灾而停止生长,继后发生次生灾害。

森林火灾的产生原因很多,总的来说有两种:一种是自然火源;另一种是人为火源。由自然火源引起的森林火灾不多,在大兴安岭个别林区有时有。1981年阿坝州林区的红光林业局102场三支沟于3月22日,理县夹壁公社克什沟在5月6日都发生过雷击火(以往无雷击火记载),其他地区一般则不多见<sup>③</sup>。人为火源引起的森林火灾有生产性火源与非生产性火源。四川、云南多是生产性火源而产生森林火灾,如开垦烧荒、炼山种药、烧林(灌)种

① 四川省综合农业区划组翻印,1980年,“以营林为基础改善我省森林经营利用意见”(讨论稿)

② 张华龄,我国林业资源与林业区划简介

③ 四川省阿坝州科技情报所,四川省阿坝州林学会,编印1982,四川省阿坝藏族自治州林业文集

草、烧灰积肥、林区烧炭、狩猎等。非生产性火源如林内烧柴做饭、烧柴取暖、吸烟等人为因素都会引起森林火灾，而把成片森林毁之殆尽（图版24，照片3）。云南、四川两省森林火灾多发生于冬、春干旱季节，其发生自然条件与植物种类和森林类型都有密切关系。横断山地区的云南松、马尾松、落叶松、云杉、冷杉等用材树种都属易燃性树种或易燃林分。

森林火灾不但能把宝贵的森林资源成片毁灭，而且能伴随产生次生灾害。严重的森林火灾把大片的山地森林植被烧光后，由于高温灼烧，土壤结构破坏，雨季遇暴雨和地表水流作用，产生水土流失，甚至酿成泥石流灾害（图版24照片4，5）。即使是较轻的火灾也会导致森林生态系统平衡失调，林木生长受到影响，林下的地被物与下木被毁而改变森林组成，或产生其他灾害。即使不产生其他次生灾害也使森林资源与林地面积逐渐减少。如：（1）云南怒江州福贡县近年来开荒（开垦烧）与烧火山（刀耕火种）年年都有，每年都要毁掉3000亩左右的林地、灌木地与草地（如表1）；（2）甘孜州巴塘竹巴笼，1977年7月23日下午5

表1 云南福贡县1974—1981年开荒与烧山面积表

| 项目<br>时间(年) | 开荒亩数 | 烧山亩数 | 项目<br>时间(年) | 开荒亩数  | 烧山亩数  |
|-------------|------|------|-------------|-------|-------|
| 1974        | 2251 | 2725 | 1979        | 1536  | 3269  |
| 1975        | 1692 | 2725 | 1980        | 2393  | 3887  |
| 1976        | 1144 | 2588 | 1981        | 2917  | 3452  |
| 1977        | 1353 | 2349 |             |       |       |
| 1978        | 1400 | 2490 | 合计          | 14686 | 23485 |

时，因林区内狩猎引起森林火灾，烧毁森林达4000亩。当年雨季，在降雨强度不大的情况下，就暴发了灾害性泥石流；冲毁小学校一所（毁房28间），小型发电站一座，淤埋商业局房屋及30亩耕地，冲死5头牲畜，堵塞公路桥涵，造成20多万元损失。此外，还有乡城加斯、绒日都，在1982年发生过由于人为火源引起森林火灾，并于当年发生灾害性泥石流，同年在稻城也因此而发生过泥石流；（3）云南省丽江，1982年因油罐车翻车，引起森林火灾而暴发泥石流。中甸的小雪山垭口也在1982年因吸烟引起森林火灾烧掉16平方公里范围的林木，促使小沟暴发泥石流淤埋公路。（4）因“林火”导致泥石流灾害较严重的是甘孜州得荣东谷公社，1982年6月23日发生森林火灾，7月17日5时许暴发灾害性泥石流，冲毁公社及其他公房500多平方米与全部财产，冲走公社卫生所修房木料，冲毁耕地40亩、磨房一座、公路桥梁一座，冲毁公路1.5公里；泥石流堵塞定曲河约半小时后发生溃决洪水，淹没县城（水深达1米多），商店和县属机关等单位受到严重损失。

二、森林火灾泥石流形成特点

因森林火灾引起的泥石流与其他人为泥石流以及自然泥石流的形成有所不同。森林火灾泥石流勿须高强度降雨就可以激发形成。森林发生火灾，因地表高温灼烧，土壤结构破坏，

造成强烈水土流失而酿成灾害性泥石流,大多数为坡石泥石流(图版24,照片6)。如遇历时长、强度大的降雨,可促使坡面泥石流汇集于沟道中而形成沟谷泥石流,且多属粘性泥石流。可归纳如下几方面的特点:

1. 多数在干旱季节发生森林火灾,当年雨季暴发泥石流;
2. 森林火灾具有一定的区域范围,多发生在人类经济活动频繁的林区和经济较为不发达的山区,如横断山干旱与半干旱地区的针叶林区、森林采伐区;
3. 森林火灾泥石流形成速度快、暴发率高,一般规模不大,但危害严重;
4. 森林火灾泥石流所要求的降雨强度与降雨量比其他泥石流都小;
5. 因“林火”后地面温度高,持续时间长,对地表及土体破坏力强,森林火灾泥石流更易发生,由于灾害迭加危害更大。

### 三、森林火灾泥石流的防治问题

森林火灾泥石流的防治应是,以“预防为主,重在防灾”。防次生灾害泥石流,首先要防“林火”,而防止森林火灾是森林经营中的一项重要任务。因此,需加强森林经营管理,重视对灾害“预防为主、积极消灭”的方针。如果无森林火灾发生也就不会有森林火灾泥石流产生,故必须严格执行“森林保护法”,与保护环境,严格地控制人类不合理的经济活动,改善落后的农业耕作方式,积极控制森林火灾的人为火源,消除森林火灾泥石流形成的主要因素。

横断山地区自然条件复杂,产生森林火灾的自然条件优越,森林火灾是不可避免的,为了保护森林资源、防止泥石流发生,必须加强森林防火灭火措施,对于森林火灾泥石流暴发地区,需进行全面地综合治理。

### 结 语

横断山地区森林资源丰富、自然条件复杂,森林类型与树种皆为易燃性,人类经济活动频繁,生产方式落后,都有利于森林火灾泥石流发生,不仅毁灭森林资源,而且能在短时间内引起山地自然环境恶化,造成自然生态平衡失调,还会导致多种次生灾害。特别是泥石流以强大的破坏力,在瞬间给国民经济造成巨大损失。因此,对森林火灾泥石流应引起人们足够地重视,也给泥石流研究工作提出新的问题。

### 参 考 文 献

- (1) 中国农林科学院科技情报研究所, 1974, 国外林概况, 科学出版社。
- (2) 北京林学院1982, 营林手册, 云南人民出版社。

## FOREST FIRE AND DEBRIS FLOWS

Liu Suqing · Tan Wanpei

Chengdu Institute of Geography, Academia Sinica

### Abstract

Forest fire is a serious disaster in China, especially in Yunnan, Sichuan and some other provinces. Forest fire not only ruins forest resources, but also brings about secondary disasters, one of which is debris flow. Such kind of debris flow is called forest-fire debris flow.

Forest fire disaster in China is more serious than in any country of Europe. It is mainly due to man-made fire source. The debris flow disaster caused by forest fire is more severe in the east Hengduan Mountain.

Forest-fire debris flows are confined to certain range & They mostly occur in forest areas with frequent human economic activities and mountainous economically backward regions. In most cases forest fire takes place in the dry season, and after which debris flows burst out in the rainy season of the same year. These debris flows are characterized by sudden occurrence, high frequency, small scale and great harm. The lasting high temperature of ground left by forest fire is destructive to soil, and this makes the disasters even more serious.

The first consideration in the prevention of such debris flows is to put into force measures against occurrence and spread of forest fire and to strengthen forest management. The natural conditions, however, in the east Hengduan Mountain are favourable to forest fire, with frequent human economic activities, and forest fire is inevitable. As a result, debris flows take place at times. Once they occur, a comprehensive corrective program must be carried out.

# 37. 四川甘洛利子依达沟泥石流堆积物特征的初步分析<sup>①</sup>——粒度和石英颗粒表面结构的特征

刘 世 建

(中国科学院成都地理研究所)

现代沉积学研究中,广泛地采用粒度分析和扫描电镜研究沉积物的微结构,探讨各种沉积环境,区分沉积物的成因类型。近年来又加快了冰碛物、泥石流堆积物的沉积相特征和鉴定标准的研究工作,取得了一定进展。但在泥石流粒度和石英颗粒表面结构特征的研究方面,发表的研究成果尚为数不多。

泥石流堆积物沉积相研究正引起人们注意。泥石流粒度和石英颗粒表面结构特征的研究不仅是泥石流堆积物沉积相研究内容之一,而且也是判别泥石流堆积物的重要依据。利子达沟近百年来曾多次发生规模较大的泥石流。1981年7月9日凌晨再次暴发大规模的灾害性泥石流。为此,在对利子依达沟泥石流堆积物研究中,应用粒度分析资料来说明泥石流的搬运方式,同时利用扫描电镜对泥石流石英颗粒表面结构特征进行分析,探讨泥石流成因过程。

## 一、样品制备和处理方法<sup>②</sup>

根据该沟泥石流活动、堆积特征选择了新老泥石流堆积物样品各一个(表1)。 $>0.125$ 毫米采用水筛法,逐级筛分求出各级重量。 $<0.125$ 毫米用吸管法,加0.1克偏磷酸钠进行分

表1 新老泥石流堆积样品

| 项 目 \ 样 号 | № 1                                   | № 2                                  |
|-----------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| 样 品 名 称   | 新泥石流堆积                                | 老泥石流堆积                               |
| 采 样 位 置   | 距沟口500米左右的大漂砾下面                       | 距沟口1公里左右的边岸堆积                        |
| 堆 积 时 间   | 1981年7月9日                             | 1959年8月左右                            |
| 岩 性       | 紫红色砂岩、安山岩、安山玄武岩、砾岩、流纹斑岩               | 紫红色砂岩、安山岩、安山玄武岩、砾岩、流纹斑岩              |
| 容 重       | $\gamma_c = 2.34$ (吨/米 <sup>3</sup> ) | $\gamma_c = 2.1$ (吨/米 <sup>3</sup> ) |

散处理。用TI-59型可编程序计算机,按自编程序对筛析资料进行计算,求出各级颗粒的重量百分比。

从 $<2$ 毫米的颗粒中称出500克的原样,放置20%盐酸煮沸15—30分钟或用氧化亚锡溶

① 参加本项工作的还有吕儒仁、柳素清等同志。本文承蒙唐邦兴老师指教、审阅,深表感谢

② 颗粒分析由我所七室冯维敏同志完成。电镜扫描由地质部成都地质矿产研究所七室协助完成



液煮沸20分钟，再冲洗、烘干。在双目镜下任意选出20—25颗石英砂，粘在双面胶带纸上，置于标准真空镀膜机中，将制好的颗粒放在扫描电镜下观察。

## 二、粒度特征及其分析

对粒度资料进行整理、绘成概率曲线图（图1）和频率曲线图（图2）。

目前国内外对压碎的自然碎屑物质、冰碛物、表土物质的研究表明<sup>(1)</sup>：它们的粒度分布符合罗辛律。利子依达沟泥石流概率曲线  $< -5\phi$  的粒度基本上符合罗辛分布，即在罗辛概率纸上作图成一直线。而  $> -5\phi$  以上更粗的粒度就逐渐地偏离罗辛分布，接近于对数分布。频率曲线呈多峰型。概率曲线由两个组分组成，悬浮组分斜率很低（ $13^\circ$ ），跳跃组分的斜率为  $35^\circ$ 。

### 1. 机械组成和粒度参数

利子依达沟泥石流堆积物的粒度范围较大，从巨砾到粘土的各种粒径的固体物质大小混杂、有层无理和有明显定向排列。在泥石流固体物质中，砂砾（大于2毫米的粒级）占76%，砂为17%，粉砂为2%，粘土为5%。根据罗辛概率曲线求得利子依达沟泥石流的中值粒径（ $D_{50}$ ）为37毫米，平均粒径（ $M_z$ ）为  $-3.65\phi$ （12.5毫米），它的偏度却很好（ $SKI = 0.59$ ），属极正偏，而分选很差，概括图解标准差  $\sigma_I = 4.1$ （福克（1966））。它的峰态很窄（ $KG = 1.13$ ）。

### 2. 成因分析

从利子依达沟泥石流形成、运动机制研究中可知：该沟泥石流属于高密度粘性体，它的搬运方式主要呈悬浮状高速向下游运动。但泥石流在运动过程中，可能有一部分漂砾作纵向漩涡状旋转向前运动<sup>(2)</sup>，因而造成  $> -5\phi$  左右的组分偏离罗辛分布。所以，泥石流堆积物的罗辛概率曲线就由以悬浮体为主和类似于跳跃体这两条线段组成。由此可见，这条概率累积曲线反映了利子依达沟泥石流的搬运方式和动力学基本特征。

由于利子依达沟泥石流在长距离搬运过程中，两岸崩塌物和沟床停积的粗颗粒物质不断地补给泥石流，使许多较粗大的颗粒未被改造就带走了。因此泥石流堆积物粒度具有粒度区间大，粗粒物质占总体优势、偏度偏向粗端、曲线呈尖峰分布的特征。

把这条概率曲线和新西兰托马斯山粘性泥石流的概率累积曲线加以对比<sup>(3)</sup>（图1），可见两条曲线比较接近，只是利子依达沟泥石流的粒度众数值更偏向粗粒端，并且粗、细粒含量差异和利子依达沟泥石流的规模、搬运粗大的固体物质的能力都远远大于托马斯山泥石流。其粘土含量和分选性都要比世界上一些半干旱地区泥石流堆积物更差（布尔（1964）），这可能和利子依达沟泥石流搬运物质的粒度、流体密度和运动速度有关。

## 三、石英颗粒表面结构特征及其成因分析

### 1. 石英颗粒表面结构特征

上述两个新老泥石流样品的石英颗粒分别进行电镜扫描发现，两者尽管发生时间不同，但其表面结构比较一致，主要具有下列特征：

（1）镜下所见的泥石流石英颗粒，大多是多棱角（图版25，照片1、2）。其棱角呈不规则的方向延伸，一般棱角能多达10个。每个棱角相连接构成锯齿状为特征。不规则的表面色鲜

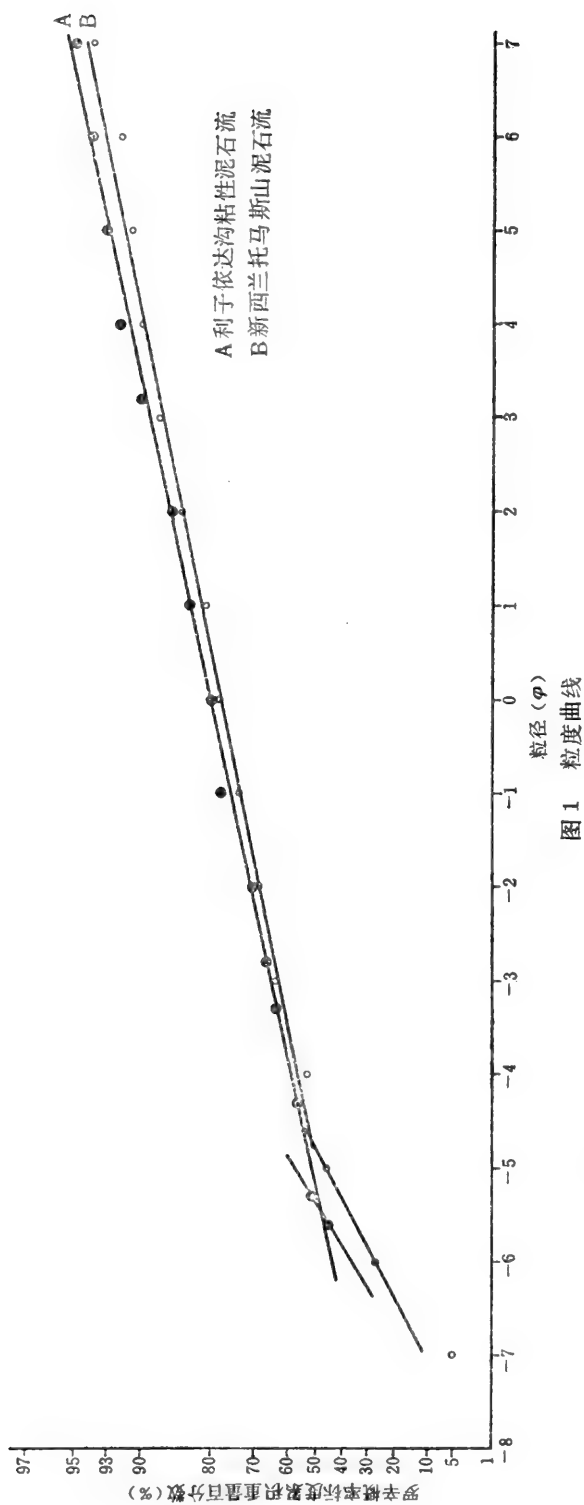


图1 粒度曲线

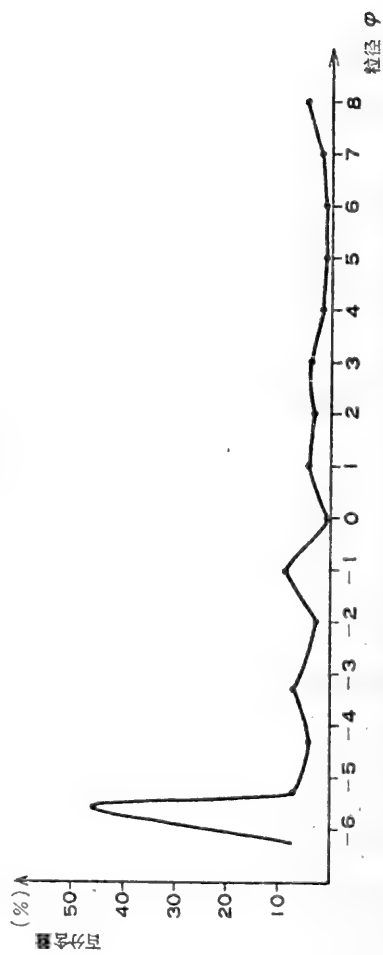


图2 四川甘洛利子依达沟1981年7月9日泥石流粒度频率曲线

而又有光泽性。石英颗粒总体图像为长条形和未磨损形。

(2) 泥石流石英颗粒表面还发育有大小不同、形状不一的贝壳状断口和不规则的断口(图版25, 照片6)。这些断口一般都较为新鲜, 且很清晰。颗粒表面还能见到平行和次平行的解理。它们所占的面积达三分之二左右。解理呈《阶梯状》分布也较为显著(图版25, 照片5)。上述特征在利子依达沟泥石流石英颗粒表面结构出现机率较多。

(3) 各种机械撞击坑发育, 其轮廓也较清晰。有碟形坑(图版25, 照片6) 坑长 $5-25\mu$ 。“V”形坑和长条坑也较多(图版25, 照片3), 后者坑长 $25\mu$ 左右。最为明显的是弯撞击沟长达 $150\mu$ , 并且上述各种机械撞击坑均发育在颗粒表面的凸部。

(4) 泥石流石英颗粒表面的各个部分以及凹坑内, 均可见被磨光的特征。棱角略微钝化, 各种坑的底部, 凸出的顶端, 各个不规则面被磨光的程度较高。尤其是见有较平整并光滑的磨光梯面, 还有同心剪切形状从中央向外延展的研磨痕。

(5) 泥石流石英颗粒表面结构见有深刻擦痕, 但出现的机率并不太多。擦痕也主要是跃移痕。

(6) 泥石流石英颗粒表面某些部位见有化学沉淀。No 2 样品中石英颗粒表面有硅质花和硅质球化学沉淀。在平行解理的脊间也发现有硅质沉淀(图版25, 照片4)。

综合上述各种特征可知, 利子依达沟泥石流石英颗粒表面结构以多平行解理、大贝壳状断口和各种机械撞击坑为主要特征。

## 2. 成因分析

泥石流从形成、运动到堆积有一个不同于其它流体的演变过程。一般在上游形成区贮备有丰富的松散固体物质, 当在暴雨迳流的激发下, 借助于陡峻的地形向下游运动。它可以从洪水逐渐地演变成稀性泥石流, 然后由于冲蚀坡脚, 两岸产生崩塌滑坡, 沟床阻塞和造底床等作用不断地补给固体物质, 使它变成十分粘稠的泥石流, 其流体性质和搬运条件也随着这个过程发生本质上的变化。泥石流中的石英颗粒表面也就产生了各种类型特征。

石英颗粒表面各种特征的分布能准确地反映出搬运力和沉积环境, 而且这些表面特征也是随环境变化而变化。因此, 对上述泥石流石英颗粒表面结构特征的成因, 分析讨论如下:

(1) 利子依达沟泥石流石英颗粒表面结构多棱角的特征是泥石流在搬运过程中不断地强烈撞击和挤压产生崩解所致。因为利子依达沟在主沟海拔1000米以上主要为稀性泥石流。石英颗粒处在高速激流环境下, 各颗粒间容易发生强烈的碰撞, 形成多棱角特征。同时, 多棱角颗粒在这种搬运动力条件下, 互相又多次发生强烈的机械撞击, 所以在石英颗粒表面上形成各种醒目的撞击坑。机械撞击坑的形成机理理应属于多棱角颗粒互相高速撞击而成。并且这些特征的存在与沟上游的搬运动力条件十分吻合。

(2) 主沟海拔1000米以下, 泥石流逐渐由稀性泥石流演变成粘性泥石流, 此时泥石流的运动特性发生了很大的变化。泥石流呈高密度粘稠流体, 如象搅拌好的混凝土。大小石块之间的孔隙均被细粒充填。这时粗颗粒间的细粒以研磨作用为主。因此石英颗粒的顶端、平坦面、凹坑内外以及棱角明显被钝化和磨光。同时在沟床阻塞, 流量增大和沟床断面缩小等因素的影响下, 又产生强烈的摩擦和挤压作用, 使颗粒表面又具有深刻擦痕的特征。

(3) 利子依达沟新老泥石流石英颗粒表面在化学成因特征方面存在着显著地差别。由于2号样品中的石英颗粒已有十多年的堆积历史, 在石英颗粒表面必然出现化学成因的特征。所以, 在2号样品的石英颗粒表面有硅质花和硅质球等硅质沉淀。1号样品中大部分颗粒表面十分新鲜, 没有经过化学风化影响。可是, 1号样品中的个别石英颗粒局部仍见有硅质沉

淀,这说明利子依达沟部分原地物质还是经历过较长期的化学风化作用。这些特征表明1981年7月9日利子依达沟泥石流的固体物质补给,主要来自沟岸崩塌,补给一些未经风化的固体物质,仅有少部分来源于源头已风化的松散堆积物。因而使得在同一场泥石流的石英颗粒表面上出现了这种较大的差异。

综上所述,利子依达沟泥石流石英颗粒表面结构特征反映了该沟泥石流从形成到运动的特点以及固体物质补给的方式。这些特征和泥石流的搬运动力条件是相吻合的。

## 四、结 语

利子依达沟泥石流堆积物特征研究表明:粘性泥石流属于高密度的流体。它的粒度分布主要是受搬运介质、搬运方式、沉积环境等因素的限制,其粒度特征主要具有悬浮组分含量高,直线较平缓、斜率低,粒度区间大,频率曲线为多峰分布,偏度为正偏,曲线呈尖峰分布的特征。泥石流的石英颗粒表面结构特征随搬运动力而变化。由于石英颗粒经历了洪水→稀性泥石流→粘性泥石流三个过程,因此在石英颗粒表面主要表现为机械撞击特征→机械研磨特征。这些特征基本上符合利子依达沟泥石流形成和动力学特征。

由此可见,泥石流石英颗粒表面结构特征,主要受泥石流流态、规模大小和搬运距离长短这三个因素的影响。一般说来,稀性泥石流的石英颗粒和激流环境特征相似,以强烈的机械撞击特征为主。当稀性泥石流演变成粘性泥石流后,前期机械撞击和崩解作用强烈,后期机械研磨作用又不断增强,所以在石英颗粒上往往可见机械磨光特征迭加在各种机械坑上的现象。泥石流规模愈大和搬运距离越长,各种迭加现象就更加明显。但泥石流的搬运距离终归受其他因素的影响,其改造能力毕竟也是快速而短暂的,故泥石流石英颗粒总体上仍保持未磨损的特征。

## 参 考 文 献

- (1) 成都地质学院陕北队编, 1978, 沉积岩(物)粒度分析及其应用, 地质出版社。
- (2) 姚德基、商向朝, 1981, 国外泥石流研究中的若干基本理论问题 泥石流论文集(1) 科学技术文献出版社重庆分社, 142-148。
- (3) Thomas C. Pierson, 1980, Erosion and deposition by debris flow at Mt Thomas North Canterbury, New Zealand, Earth Surface Process, 5, 227-247。

## 图 版 25

### A PERLIMINARY ANALAYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF DEBRIS FLOW DEPOSITS AT THE LIZIYIDA GULLY, AND GANLOOF SICHUAN PROVINCE

Liu Shijian

Chengdu Institute of Geography, Academia Sinica

#### Abstract

A preliminary analysis of the grain size and quartz grain surface texture

of a debris flow at the Liziya Gully shows that.

1. The debris flow is wide in range of grain size, with coarse grains dominant and average grain diameter of 12,5mm ( $Mz -3.65$ ).

2. The debris flow deposits are poorly sorted. In a general diagram the normal error is  $\delta I = 4.1$ , the bias tends toward the coarse end ( $SKi 0.59$ ), and the hump form is narrow ( $KG 1.13$ ).

3. The probability curve is basically in accord with Rosein distribution. It is composed of suspension components and jump components. The suspension components have a low slope, and the frequency curve takes a multiple hump form.

4. The quartz grains of the debris flow are characterized by many parallel cleavages, big conchoidal fractures and mechanical collision pits.

5. The quartz grains of the viscous debris flow have an obvious surface texture of mechanical grinding and collision pits.

The result of the above analytical study is generally in accord with the characteristics of the formation, transportation and dynamics of the debris flow at the Liziya Gully.

1. 1000

2. 1000

3. 1000

4. 1000

5. 1000

6. 1000

7. 1000

8. 1000

9. 1000

10. 1000

11. 1000

12. 1000

13. 1000

14. 1000

15. 1000

16. 1000

17. 1000

18. 1000

19. 1000

20. 1000

21. 1000

22. 1000

23. 1000

24. 1000

25. 1000

26. 1000

27. 1000

28. 1000

29. 1000

30. 1000

31. 1000

32. 1000

33. 1000

34. 1000

35. 1000

36. 1000

37. 1000

38. 1000

39. 1000

40. 1000

# 横断山地区生物区系的形成和演化

## 38. 横断山南段及中段的鸟类区系调查<sup>①</sup>

唐镛珠 徐延恭

(中国科学院动物研究所)

根据中国科学院青藏高原(横断山)综合科学考察的计划,我们于1981年5月下旬至9月上旬赴滇西北进行野外调查。考察范围大致在北纬 $25^{\circ}$ — $29^{\circ}$ ,东经 $98^{\circ}40'$ — $100^{\circ}30'$ 。该地区行政上隶属四川省怒江州的泸水县、云龙县,云南省的大理州的大理县、迪庆州的中甸县、德钦县和维西县。

### 一、自然概况

这里地势复杂,自然条件的垂直变化及水平分异均极明显,是青藏高原向云贵高原过渡的地带。本区地势呈北高南低,区内具有一系列南北走向的褶皱山系与深切河谷相间的高山深谷地貌,由西向东依次为高黎贡山、怒江、怒山、澜沧江、云岭、金沙江、中甸雪山等,依次呈南北向山川并列状。山体顶峰海拔4000—5000米以上,个别山峰高达6000米,终年积雪皑皑的山峰常可见到;江河则落差大,水流湍急;山川间的相对高差极大,大部分地区从谷底至峰顶达1000—2000米,愈向北高差愈大,甚至可达3000—4000米,这些均为发育垂直自然带的极好条件。

滇西北地区处在太平洋东南季风、印度洋西南季风及高空西风环流的交汇地带,尤以后两种影响较大。冬季本区受干暖的西风环流控制,天气晴朗,夏季两种海洋气团侵入,尤其是西南季风,给横断山区带来了雨季。北高南低的地貌更有利于湿气的侵入而向南敞开的河谷是湿热气团北上的通道,故本区南段气候较北段湿润。并列的山体阻挡了东西两方面的水汽,所以本区降水量东西两侧多而中间少。本区地处亚热带,但因地势高,气温比同纬度的东部约低 $5-10^{\circ}\text{C}$ ,夏季时低 $10^{\circ}\text{C}$ 以上。3000米以上的高海拔地区几乎无夏。

与地形和气候相对应,本区的植被也具有明显的垂直自然带,从亚热带常绿阔叶林至高山草甸,个别山峰具冰雪带;栖息在此的鸟类也有同样的垂直变化。现依据野外的采集和观察,参考有关文献,将本区归纳为以下不同生态环境和高度的自然带:

#### (一) 山地亚热带常绿阔叶林带

本带广泛分布在1800—2800米,在维西、碧罗雪山可分布至3000米或更高的地区。它是垂直自然带的基带,由西向东分布上限略有上升的趋势。常绿阔叶林带的北界大致在维西县的白济汛至中甸县虎跳峡一带。在本区的北部,此带仅在东西两侧出现,中间地区该带消失,代之以山地暖温带针阔混交林。某些地区经人工砍伐后,此带已被云南松(*Pinus yu-*

<sup>①</sup> 参加野外工作的还有魏天昊、林永烈等同志,特此致谢

*nnanensis*) 替代。常绿阔叶林尤以高黎贡山西坡的片马一带发育最好, 因地处湿热的西南季风的通道上, 承受大量降水, 故这里2600米以下地区发育为湿性常绿阔叶林, 即雨林性常绿阔叶林或季雨林。这里乔木层有5—6层, 树种超过20种, 树干长满苔藓类, 枝上挂有松萝, 主要树种有常绿栎类、樟及茶科植物。

本带分布的鸟类以亚热带类型为主, 有不少种类是与华中区共有的, 也有少量华南热带种类。例如环颈山鹧鸪、白颊山鹧鸪、棕胸竹鸡、红腹角雉、白尾梢虹雉、黑鹇、绿鹇、红头咬鹃、姬啄木鸟、黄嘴噪啄木鸟、大拟啄木鸟等多种啄木鸟; 灰喉山椒鸟、长尾山椒鸟、赤红山椒鸟; 多种鸫类; 鹟科鸟类在此特别繁多, 有画鹟亚科的相思鸟、火尾希鹟、多种雀鹟、凤鹟、鸦雀及鹟亚科的橙胸姬鹟、白喉扇尾鹟等。少量东南亚热带鸟类向西北伸展至本区的片马、姚家坪等地, 例如金喉拟啄木鸟、兰喉拟啄木鸟; 白喉冠鹎、黑胸鹟、灰翅鹟及画鹟亚科的斑胁姬鹟、栗喉鹟等。本垂直带古北种很少, 有黑啄木鸟、三趾啄木鸟、树鹩、粉红胸鹟、星鸦、高山雀鹟、柳莺、白眉朱雀及白翅拟蜡嘴雀等。

## (二) 村寨、开阔坝区、沼泽及水稻田

本带的海拔高度不等, 在1700—2700米的高度都有分布。严格地说, 村寨、坝区不能作为自然垂直带, 但在本考察区低海拔地区人类活动影响较大, 自然植被破坏严重, 代之以农田、果园、竹林。这里生活着不少适应人造景观的鸟类, 如多种鸠鸽类, 有岩鸽、珠颈斑鸠、山斑鸠; 杜鹃、伯劳、黑卷尾、白鹡鸰、绿背山雀、家燕、山麻雀、白腰文鸟、斑文鸟等。此外还分布有多种涉禽和水禽, 如多种鹭科和鸭科的鸟类。

## (三) 山地暖温带针阔混交林及暗针叶林带

混交林大致分布在2600—3100米, 林线一般是西坡比东坡高, 树种有高山松 (*Pinus densata*)、高山栎 (*Quercus aquifolioides*)、杨、桦及云杉等。在3000米—3600米的高度为冷杉、铁杉和云杉组成的针叶林, 林线的高度随着雨量的多少而有高低, 林的分布也由成片的向条状、斑状的过渡。

本带的鸟类种数仅次于常绿阔叶林带, 分布有多种雉鸡, 如灰腹角雉、红腹角雉、白腹锦鸡; 有点斑林鸽, 大绯胸鹦鹉, 黑鹇, 橙腹叶鹇; 有矛纹草鹛, 六种噪鹛, 凤鹛及鸦雀; 有五种鹛: 巨鹛、滇鹛、白尾鹛、白脸鹛和普通鹛; 有太阳鸟及旋木雀等。古北种鸟类有领岩鹟、戴菊、柳莺、山雀和朱雀等。

## (四) 林缘稀树灌丛草坡

本带包括高大乔木林及混交林的林缘部分, 海拔高度不等, 但一般不高于3100米。这里分布有栗鸢、鹞、褐翅鸦鹟、小鸦鹟、灰喉山椒鸟、赤红山椒鸟、钩嘴鹟、穗鹟、雀鹟、草鹟、小仙鹟及扇尾鹟等。古北种有斑尾榛鸡、河乌、红尾鹟、蓝大翅鹟及棕背鹟等。

## (五) 高山杜鹃林、草甸、裸岩带

本带面积不大, 均在各山系高海拔地带, 一般在3600米或4000米以上。常见植物有杜鹃、委陵菜、山柳、箭竹等低矮灌丛及蒿草、苔草等。分布于本带的鸟类均为高山种类, 以古北种为主, 例如雪鹀、淡腹雪鸡、雉鹑、雪鸽、河乌; 三种岩鹟: 领岩鹟、棕胸岩鹟、鹟岩鹟; 红尾鹟、燕尾、高山旋木雀、林岭雀、朱雀等。本带也分布有相当数量的东洋种, 例如红腹角雉、花背噪鹛、高山雀鹟、黄额鸦雀及暗色朱雀、赤朱雀等。

综合以上垂直分布情况, 可以看出:

1. 本考察区鸟类以林栖种类为主, 常绿阔叶林带种类最多, 其次是针阔混交林及针叶林带, 高山草甸带鸟类最少。



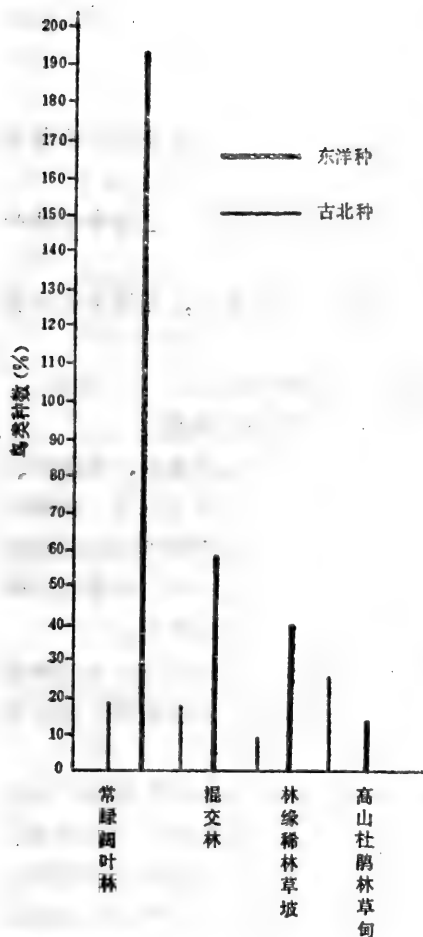


图1 各垂直带的东洋种和古北种的比例

系:

- (一) 以现在的分布为准, 着重在我国的分布。
- (二) 只分析留鸟、繁殖鸟和夏候鸟。
- (三) 以种为单位。
- (四) 古北界特有的或主要分布于古北界的种类为古北种。
- (五) 东洋界特有的或主要分布于东洋界的种类为东洋种。
- (六) 广泛见于我国各地的、两大界均有分布的种类为广布种。
- (七) 分布区跨越古北、东洋两界的镶嵌交界地带的种类为跨界种。

从表1可看出: 本区繁殖鸟中, 东洋种有271种, 占总数的69%; 广布种有56种, 占14%; 古北种有52种, 占13%; 跨界种有16种, 仅占总数的4%。本区鸟类区系组成以东洋种占优势, 达总数的三分之二以上。

根据鸟类不同种的分布区与一定的自然环境相对应的情况, 我们又将两大界的鸟类归纳为以下几种分布型:

#### 1. 古北界种类分为:

(1) 北方型 其分布区主要在我国长江以北的地区, 有些种向北可延伸至欧亚大陆寒温带。北方型鸟类在滇西可顺谷南下到北纬27°或26°处。

2. 东洋种以常绿阔叶林带为最多, 随着海拔的增高而种数减少; 反之, 古北种则以高山草甸带为多。

3. 常绿阔叶林带不全是东洋种, 高山草甸带也不全是古北种, 这表明本区鸟类在区系上的过渡性特征。

4. 除高山草甸带外, 本区各垂直自然带的鸟类均以东洋种为主。故在动物地理区划上, 本区应隶属于东洋界。这与本区位于亚热带的地理位置相吻合。但由于本区地势较高, 又有南北纵向的深谷, 致使本区具有相当比例的古北种鸟类。

## 二、区系特征

我们在1981年的调查中, 在横断山区南段及中段, 共采到鸟类标本509号, 隶属115种。连同文献记载, 本区共计分布鸟类470种, 包括繁殖鸟395种, 其中留鸟286种, 占总数的61%; 夏候鸟109种, 占总数的23%; 冬候鸟和旅鸟75种, 占总数的16%。将近三分之二的鸟类终年留居本区, 说明这里气候、植被等自然条件的优越; 不少冬候鸟的到来, 更证明这里气候温暖。

现将本区鸟类依居留情况、生态环境及地理分布, 列表1。

我们根据以下原则来分析本区鸟类的区系从属关系:

(2) 高原型 其分布区以青藏高原为主, 包括高原外围山系, 有些种类向北伸入到蒙新高原。

2. 东洋界种类分为:

(3) 横断山-喜马拉雅型 分布于滇西温暖湿润的低山地区, 向西包括藏南的雅鲁藏布江以南的地区。

(4) 西南山地型 只分布于滇西北和滇西山地, 多为我国的特产种类, 也是本区特产种。

(5) 华中东洋型 广布长江流域以南广大地区, 是华中区的主要成分, 相当于亚热带林灌带的种类。

(6) 东南亚热带型 其分布区与热带森林相近, 属华南热带种类。

我们所说的跨界型, 实际上是上述(3)或(4)类型更向外扩展的类型。

北方型 计31种, 占8%。它们在云南境内向南延伸, 有的可达最南边境处, 如鹡鸰、树鹨、粉红胸鹨和红尾鹨等; 有的只伸入横断山南段, 如岩鹨、柳莺、山雀等; 另一些则仅见于本区北部, 如斑尾榛鸡。松鸡科的花尾榛鸡广泛分布于我国北方, 以至欧亚大陆北部的针叶林带, 它的近亲斑尾榛鸡却孤立地分布在祁连山东段及川西、滇西北一带。我们在德钦县附近遇到的斑尾榛鸡, 可能是其分布的南限。三趾啄木的分布也有类似的情况。

高原型 计21种, 占5%。其分布以横断山中北段高海拔地区为主。适应高山贫乏植被的鸟类并不多, 见有雪鹑、淡腹雪鸡、雉鹑; 白喉红尾鹨、黑喉红尾鹨; 高山雀鹑、高山旋木雀、白眉朱雀及白翅拟蜡嘴雀等。

横断山-喜马拉雅型 计91种, 占23%。此型鸟类为横断山区低海拔亚热带种类, 大部分是留鸟, 以鹑科鸟类为主, 有锈腹短翅鹨、金胸歌鹨、栗腹歌鹨、长尾地鹨、虎斑地鹨、黄喉穗鹨、众多的噪鹨、奇鹨、凤鹨、鸦雀及各种鹨莺。此外, 还包括啄花鸟和太阳鸟等。

西南山地型 计16种, 占4%。此型与横断山-喜马拉雅型均为本区的特产种。分布区只限于西南山地的有凤头鹦嘴鹨、纵纹绿鹨、黑胸鹨、红翅薮鹨、斑胁姬鹨、灰头斑翅鹨、栗背奇鹨等。分布于菜园、房舍及沼泽区的有沼泽大苇莺、灰鹨莺等。

华中东洋型 计150种, 占38%。此型为广泛分布于秦岭、淮河一线以南的东洋种鸟类, 是华中区的主要成分。它包括有短翅鹨、燕尾、矛纹草鹨、金眶鹨莺、褐头鹨莺、方尾鹨等62种鹨科鸟类; 有红翅凤头鹨、翠金鹨、鹨、卷尾、绿背山雀、兰喉太阳鸟、山麻雀、凤头鹑等。此外, 本型还拥有较多的沼泽、近水的鸟类, 如红胸田鸡、白胸苦恶鸟、水雉、彩鹨、冠鱼狗、白胸翡翠以及池鹭、白鹭等多种鹭类。

东南亚热带型 仅14种, 占4%。例如金喉拟啄木、兰喉拟啄木、金头穗鹨、鳞斑噪鹨、银耳相思鸟、栗喉鹩鹩、黑胸太阳鸟等。此型鸟类在本区仅在泸水县等横断山南段的季雨林中有分布, 可能是这些热带种类向西北延伸的北限。

跨界型 有16种, 占4%。跨越两界, 但分布不广, 包括血雉、藏马鸡、白腹锦鸡、红腹锦鸡、雉鹑等5种雉类, 二种溪鹩, 柳莺、山雀及朱雀等。本型分布都以横断山区为中心, 向北或向东扩展, 所以也可以认为是本区所特有的种类。

综上所述, 古北种两型的分布各具特色, 一类是广布欧亚大陆北方的, 另一类是青藏高原及其附近山区所特有的, 两种类型间少有重叠, 而东洋种各分布型的分布区之间重叠现象普遍。东洋种中本区特有或主要分布本区的鸟类大多属于横断山-喜马拉雅型和西南山地型。它们的分布区均以横断山为中心, 前者分布区向西北伸向藏南, 后者只在滇西南和滇西北分

布。华中东洋型是本区东部华中区的主要成分向西延伸至本区的。东南亚热带型则是我国最南方的一些热带种类，本区是此类型分布区的北限，只占极小的比例，表1。

表1 各分布型与垂直自然带间鸟类种数变化①

| 种数<br>区系分布型 | 垂直自然带     | 山地亚热带常绿阔叶林带 | 村寨、开阔坝区沼泽及水稻田 | 山地暖温带针阔混交林及暗针叶林带 | 林缘稀树灌丛草坡 | 高山杜鹃林草甸裸岩带 | 占本区鸟类百分比(%) |
|-------------|-----------|-------------|---------------|------------------|----------|------------|-------------|
|             |           |             |               |                  |          |            |             |
| 东<br>洋<br>种 | 东南亚热带型    | 10          | 1             | 0                | 2        | 0          | 4           |
|             | 西南山地型     | 10          | 4             | 2                | 2        | 0          | 4           |
|             | 横断山-喜马拉雅型 | 65          | 4             | 28               | 6        | 4          | 23          |
|             | 华中东洋型     | 97          | 34            | 18               | 23       | 2          | 38          |
|             | 跨 界 种     | 12          | 6             | 10               | 8        | 8          | 4           |
| 古<br>北<br>种 | 北 方 型     | 12          | 5             | 13               | 2        | 8          | 8           |
|             | 高 原 型     | 11          | 1             | 5                | 4        | 13         | 5           |
| 广 布 种       |           | 27          | 36            | 17               | 15       | 1          | 14          |
| 占本区鸟类百分比(%) |           | 50          | 13            | 18               | 11       | 8          | 100         |

① 因同一种鸟可能在几个垂直带中都有分布，故表中鸟的种数和大于本区鸟类实际种数

分布型说明一些分属于不同分类阶元的种，适应于一个共同的、或是相近似的自然条件。它们的分布区相互重叠，有部分的、也有完全的重叠，重叠愈普遍说明条件愈复杂，分布型之间的差异也就愈小。横断山区具有明显的垂直自然带，以及特殊的高山深谷，所以这里的鸟类区系十分复杂，几乎包含了全国各地各类型的鸟类。

在北方，景观单调、区域变异显著，所以古北种各分布型的区域性明显，在特殊的高寒地带只有少数有特殊适应能力的种类才能生存。东洋种鸟类中特别繁多的是鹡科鸟类，尤其是画鹡亚科，几乎在各分布型中此亚科的种类均为优势种。

三、小 结

1. 本区鸟类的垂直分布，有50%的种类集中于山麓常绿阔叶林带，其次是针阔混交林及暗针叶林带，若加上林缘种类则本区林栖鸟类占总数的将近80%。高山草甸带种类最贫乏。

2. 本区鸟类的区系组成，以东洋种占优势，达69%，古北种只占13%。其余为广布种和跨界种。

3. 本区鸟类的东洋种大都分布于低海拔的常绿阔叶林或针阔混交林；古北种则主要分布在高山草甸带和针阔混交林及暗针叶林带，在常绿阔叶林中占一定的比例。

4. 本区鸟类的地理分布型，以华中东洋型占优势，达1/3以上；本区特有种，也即横断山-喜马拉雅型、西南山地型和跨界型也占将近1/3；而古北种两分布型及东南亚热带型种类所占的比例都较小。

总之，本区鸟类区系组成复杂，有青藏高原耐寒种类向东南的扩展，有东部季风耐湿类

型向西的渗透，也有南方热带种类向西北的伸入；这里除缺少蒙新耐旱种类外，从热带、亚热带直至寒温带的种类均有分布。

由于横断山区的特殊地形有利于动物的南北交往，所以本区的鸟类区系分布呈过渡状：山区的南段不全是东洋种，有少量古北种顺河谷南伸至北纬27°或26°处；山区的中段也不全是古北种，一些亚热带东洋种在常绿阔叶林带以北的地区也能见到。同样，在山麓常绿阔叶林带分布的不全是东洋种，古北种约占10%；而在山顶高山草甸带分布的也不全是古北种，东洋种占将近17%。但是，本区鸟类无论从垂直变化上，还是从水平分异上分析，都是以亚热带东洋种为主。所以我们说，横断山南段及中段的鸟类区系应隶属于东洋界。

四、资源开发

本区地广人稀，除坝区农田可能有些鸟害外，在广大林区鸟类大量捕食害虫和鼠类，绝大多数属于益鸟。现就资源鸟类及稀有濒危鸟类的保护和利用问题列表2。

表2 横断山区资源鸟类

| 数量与利用价值       | 鸟 类 名 称                                    | 利 用 价 值           |
|---------------|--------------------------------------------|-------------------|
| 数量较多，个体经济价值较大 | 环颈雉、鹌鹑、鹧鸪、勺鸡、翠鸟、岩鸽、山斑鸠、珠颈斑鸠                | 肉 用<br>卵 用<br>羽 用 |
| 数量较多，个体经济价值不显 | 杜鹃、鸦鹃、燕、山椒鸟、卷尾、画鹟、山雀、鹇、太阳鸟、啄花鸟、啄木鸟         | 消灭农林害虫，传播种子，传授花粉  |
|               | 鹌鹑、鸦鹃、喜鹊、鸢、翠鸟、戴胜、啄木鸟                       | 药 用               |
| 本区特产种类及珍稀种类   | 灰腹角雉、红腹角雉、白尾梢虹雉、藏马鸡、绿孔雀、白鹇、雪鸡、血雉、白腹锦鸡、红腹锦鸡 | 药用及科学研究           |
| 今后可开发利用的种类    | 活鹦鹉、相思鸟                                    | 观赏用               |

在自然界中，各个自然因素之间存在着十分复杂的相互依赖、相互制约的关系。鸟类与人类的关系也是非常密切的。如何发展益鸟、控制害鸟，改变它们的区系组成以符合人类经济建设的需要，首先必须保护好它们赖以生存的环境，进而研究它们的生态习性。如果在居民点附近，在海拔较低、坡度较缓的山区林地实行伐光政策，则势必迫使一些鸟类缩小分布区甚至在自然界中绝灭。我们看到，位于居民点较多的洱海边的点苍山由于原始林被大量砍伐，代之以针叶树幼林，鸟类区系则改变为以树麻雀、大山雀、白颈凤鹛、树鹛及灰眉岩鹛为主的贫乏类型。我们认为，在地广人稀的滇西北，可以建立自然保护区的山地很多，应规定出狩猎区和狩猎期，以确保珍稀鸟类的生存和繁殖。

横断山区鸟类分布情况统计表

| 学名 | 居留情况 | 垂 直 分 布        |                |                 |               |              |               | 地 理 分 布 |       |           |       |       |        | 跨 界 种 | 广 布 种 |
|----|------|----------------|----------------|-----------------|---------------|--------------|---------------|---------|-------|-----------|-------|-------|--------|-------|-------|
|    |      | 山地亚热带<br>常绿阔叶带 | 村寨开扩坝区<br>溪流草丛 | 沼泽水稻田<br>针阔混交林带 | 山地暖温带<br>针叶林带 | 林缘稀树灌丛<br>草坡 | 高山杜鹃林<br>草甸裸岩 | 古北种     |       | 东 洋 种     |       |       |        |       |       |
|    |      |                |                |                 |               |              |               | 北 方 型   | 高 原 型 | 横断山—喜马拉雅型 | 西南山地型 | 华中东洋型 | 东南亚热带型 |       |       |
|    | 1    | 2              | 3              | 4               | 5             | 6            | 7             | 8       | 9     | 10        | 11    | 12    | 13     | 14    |       |

## 鸊鷉科 Podicipedidae

|                                          |   |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|------------------------------------------|---|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|
| 1 小鸊鷉 <i>Podiceps ruficollis poggei</i>  | 留 |  | + |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ○ |
| 2 黑颈鸊鷉 <i>Podiceps caspicus caspicus</i> | 冬 |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 3 凤头鸊鷉 <i>Podiceps cristatus</i>         | 冬 |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |

## 鸬鹚科 Pelecanidae

|                                          |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------------------------|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 4 鸬鹚 <i>Phalacrocorax carbo sinensis</i> | 旅 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------------------------|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

## 鹭科 Ardeidae

|                                             |   |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |   |
|---------------------------------------------|---|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|---|
| 5 苍鹭 <i>Ardea cinerea rectirostris</i>      | 旅 |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |   |
| 6 绿鹭 <i>Butorides striatus connectens</i>   | 夏 |  | + |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  | ○ |
| 7 池鹭 <i>Ardeola bacchus</i>                 | 夏 |  | + |  |  |  |  |  |  |  |  | ○ |  |  |   |
| 8 牛背鹭 <i>Bubulcus ibis ceromandus</i>       | 留 |  | + |  |  |  |  |  |  |  |  | ○ |  |  |   |
| 9 白鹭 <i>Egretta garzetta garzetta</i>       | 夏 |  | + |  |  |  |  |  |  |  |  | ○ |  |  |   |
| 10 中白鹭 <i>Egretta intermedia intermedia</i> | 夏 |  | + |  |  |  |  |  |  |  |  | ○ |  |  |   |
| 11 夜鹭 <i>Nycticorax nycticorax</i>          | 夏 |  | + |  |  |  |  |  |  |  |  | ○ |  |  |   |

注 + 所栖居的生境 ○ 所归属的类型 \* 1981年采集的标本。

续 表

|                                             | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 12 黄斑苇鹈 <i>Ixobrychus sinensis sinensis</i> | 夏 |   | + |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 13 栗苇鹈 <i>Ixobrychus cinnamomeus</i>        | 夏 |   |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 14 黑鹈 <i>Dupetor flavicollis</i>            | 夏 |   | + |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |

## 鹤科 Ciconiidae

|                            |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------------------|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 15 黑鹤 <i>Ciconia nigra</i> | 冬 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------------------|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

## 鸭科 Anatidae

|                                               |   |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |
|-----------------------------------------------|---|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|
| 16 灰雁 <i>Anser anser</i>                      | 冬 |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |
| 17 树鸭 <i>Dendrocygna javanica</i>             | 留 |  | + |  |  |  |  |  |  |  | ○ |  |  |  |
| 18 赤麻鸭 <i>Tadorna ferruginea</i>              | 夏 |  | + |  |  |  |  |  |  |  | ○ |  |  |  |
| 19 针尾鸭 <i>Anas acuta</i>                      | 冬 |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |
| 20 绿翅鸭 <i>Anas crecca</i>                     | 冬 |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |
| 21 绿头鸭 <i>Anas platyrhynchos</i>              | 冬 |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |
| 22 斑嘴鸭 <i>Anas poecilorhyncha zonorhyncha</i> | 旅 |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |
| 23 赤膀鸭 <i>Anas strepera</i>                   | 冬 |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |
| 24 赤颈鸭 <i>Anas penelope</i>                   | 冬 |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |
| 25 白眉鸭 <i>Anas querquedula</i>                | 冬 |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |
| 26 凤头潜鸭 <i>Aythya fuligula</i>                | 冬 |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |
| 27 斑头秋沙鸭 <i>Mergus albellus</i>               | 冬 |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |

## 鹰科 Accipitridae

|                                  |   |  |  |   |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |
|----------------------------------|---|--|--|---|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|
| 28 凤头鵟隼 <i>Aviceda leuphotes</i> | 夏 |  |  | + |  |  |  |  |  |  | ○ |  |  |  |
|----------------------------------|---|--|--|---|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|

续 表

|                                              | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|----------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 29 蜂鹰 <i>Pernis ptilorhynchus ruficollis</i> | 夏 | + | + | + |   |   |   |   |   |    |    |    |    | ○  |
| 30 鸢 <i>Milvus korschun</i>                  | 繁 |   | + |   | + |   |   |   |   |    |    |    |    | ○  |
| 31 栗鸢 <i>Haliastur indus indus</i>           | 夏 |   |   |   | + |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 32 苍鹰 <i>Accipiter gentilis khamensis</i>    | 旅 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 33 凤头鹰 <i>Accipiter trivirgatus</i>          | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 34 雀鹰 <i>Accipiter nisus</i>                 | 冬 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 35 松雀鹰 <i>Accipiter virgatus affinis</i>     | 留 | + |   |   | + |   |   |   |   |    |    |    |    | ○  |
| 36 普通鵟 <i>Buteo buteo</i>                    | 冬 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 37 鹰鵂 <i>Spizaetus nipalensis nipalensis</i> | 留 |   |   |   | + |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 38 金鵂 <i>Aquila chrysaetos daphanea</i>      | 留 |   |   | + |   |   | ○ |   |   |    |    |    |    |    |
| 39 黑兀鹫 <i>Sarcogyps calvus</i>               | 冬 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 40 白尾鹞 <i>Circus cyaneus</i>                 | 冬 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 41 鵟鹞 <i>Circus melanoleucos</i>             | 冬 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 42 蛇鹫 <i>Spilornis cheela</i>                | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |

## 隼科 Falconidae

|                                          |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|------------------------------------------|---|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|---|
| 43 燕隼 <i>Falco subbuteo streichi</i>     | 夏 | + | + | + | + |  |  |  |  |  |  |  |  | ○ |
| 44 灰背隼 <i>Falco columbarius</i>          | 冬 |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
| 45 红隼 <i>Falco tinnunculus saturatus</i> | 留 | + | + |   | + |  |  |  |  |  |  |  |  | ○ |

## 松鸡科 Tetraonidae

|                                              |   |  |  |  |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------------------------------------|---|--|--|--|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|
| 46 斑尾榛鸡 * <i>Tetrastes sewerzowi secunda</i> | 留 |  |  |  | + | + | ○ |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------------------------------------|---|--|--|--|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|

续 表

|                                               | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-----------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 雉科 Phasianidae                                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 47 雪鹑 <i>Lerwa lerwa major</i>                | 留 |   |   |   | + |   |   | ○ |   |    |    |    |    |    |
| 48 淡腹雪鸡 <i>Tetraogallus tibetanus</i>         | 留 |   |   |   | + |   |   | ○ |   |    |    |    |    |    |
| 49 雉鹑 <i>Tetraophasis obscurus szechenyii</i> | 留 |   |   |   | + |   |   | ○ |   |    |    |    |    |    |
| 50 鹧鸪 <i>Francolinus pintadeanus</i>          | 留 | + |   |   | + |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 51 鹌鹑 <i>Coturnix coturnix</i>                | 冬 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 52 环颈山鹧鸪 <i>Arborophila torqueola</i>         | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 53 白颊山鹧鸪 <i>Arborophila atrogularis</i>       | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 54 棕胸竹鸡 <i>Bambusicola fytchii</i>            | 留 | + |   |   | + |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 55 血雉 <i>*Ithaginis cruentus marionae</i>     | 留 | + |   | + | + | + |   |   |   |    |    |    | ○  |    |
| 56 灰腹角雉 <i>Tragopan blythi</i>                | 留 |   |   | + |   | + |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 57 红腹角雉 <i>*Tragopan temminckii</i>           | 留 | + |   | + | + | + |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 58 白尾梢虹雉 <i>Lophophorus sclateri</i>          | 留 | + |   | + |   | + |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 59 藏马鸡 <i>*Crossoptilon crossoptilon</i>      | 留 |   |   | + |   | + |   |   |   |    |    |    | ○  |    |
| 60 黑鹇 <i>Lophura leucomelana</i>              | 留 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 61 白鹇 <i>Lophura nycthemera</i>               | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 62 勺鸡 <i>Pucrasia maculophaga</i>             | 留 |   |   | + | + |   |   |   |   |    |    |    | ○  |    |
| 63 雉鸡 <i>Phasianus colchicus</i>              | 留 | + | + | + | + |   |   |   |   |    |    |    |    | ○  |
| 64 白腹锦鸡 <i>*Chrysolophus amherstiae</i>       | 留 | + |   | + | + |   |   |   |   |    |    |    | ○  |    |
| 65 红腹锦鸡 <i>Chrysolophus pictus</i>            | 留 |   |   |   | + | + |   |   |   |    |    |    | ○  |    |



|                            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 66 绿孔雀 <i>Pavo muticus</i> | 留 |   | + |   | + |   |   |   |   |    |    | ○  |    |    |

鹤科 *Gruidae*

|                                |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------------------------|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 67 灰鹤 <i>Grus grus</i>         | 冬 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 68 黑颈鹤 <i>Grus nigricollis</i> | 冬 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

秧鸡科 *Rallidae*

|                                                  |   |  |   |  |  |  |  |  |   |  |   |  |  |   |
|--------------------------------------------------|---|--|---|--|--|--|--|--|---|--|---|--|--|---|
| 69 红胸田鸡 <i>Porzana fusca bakeri</i>              | 留 |  | + |  |  |  |  |  |   |  | ○ |  |  |   |
| 70 棕背田鸡 <i>Porzana bicolor</i>                   | 留 |  | + |  |  |  |  |  | ○ |  |   |  |  |   |
| 71 白胸苦恶鸟 <i>Amaurornis phoenicurus chinensis</i> | 留 |  | + |  |  |  |  |  |   |  | ○ |  |  |   |
| 72 董鸡 <i>Gallicrex cinerea cinerea</i>           | 夏 |  | + |  |  |  |  |  |   |  | ○ |  |  |   |
| 73 黑水鸡 <i>Gallinula chloropus indica</i>         | 留 |  | + |  |  |  |  |  |   |  |   |  |  | ○ |
| 74 骨顶鸡 <i>Fulica atra</i>                        | 冬 |  |   |  |  |  |  |  |   |  |   |  |  |   |

雉鹑科 *Jacaniidae*

|                                       |   |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |
|---------------------------------------|---|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|
| 75 水雉 <i>Hydrophasianus chirurgus</i> | 夏 |  | + |  |  |  |  |  |  |  | ○ |  |  |  |
|---------------------------------------|---|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|

彩鹑科 *Rostratulidae*

|                                      |   |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |
|--------------------------------------|---|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|
| 76 彩鹑 <i>Rostratula benghalensis</i> | 留 |  | + |  |  |  |  |  |  |  | ○ |  |  |  |
|--------------------------------------|---|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|

鸻科 *Charadriidae*

|                                         |   |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |
|-----------------------------------------|---|--|---|--|--|--|---|--|--|--|---|--|--|--|
| 77 凤头麦鸡 <i>Vanellus vanellus</i>        | 冬 |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |
| 78 肉垂麦鸡 <i>Vemellus indicus</i>         | 留 |  | + |  |  |  |   |  |  |  | ○ |  |  |  |
| 79 剑鸻 <i>Charadrius hiaticula</i>       | 冬 |  |   |  |  |  |   |  |  |  |   |  |  |  |
| 80 金眶鸻 <i>Charadrius dubius jerdoni</i> | 夏 |  | + |  |  |  | ○ |  |  |  |   |  |  |  |

|                                          | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| <b>鹑科 Scolopacidae</b>                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 81 青脚鹑 <i>Tringa nebularia</i>           | 冬 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 82 白腰草鹑 <i>Tringa ochropus</i>           | 冬 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 83 林鹑 <i>Tringa glareala</i>             | 旅 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 84 矶鹑 <i>Tringa hypoleucos</i>           | 冬 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 85 孤沙锥 <i>Capella solitaria</i>          | 冬 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 86 扇尾沙锥 <i>Capella gallinago</i>         | 冬 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 87 丘鹑 <i>Scolopax rusticola</i>          | 冬 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| <b>反嘴鹑科 Recurvirostridae</b>             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 88 鹮嘴鹑 <i>Ibidorhynchos struthersii</i>  | 留 |   | + |   |   |   | ○ |   |   |    |    |    |    |    |
| <b>鸥科 Laridae</b>                        |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 89 海鸥 <i>Larus canus</i>                 | 冬 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 90 红嘴鸥 <i>Larus ribibundus</i>           | 冬 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 91 棕头鸥 <i>Larus brunnicephalus</i>       | 冬 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 92 白额燕鸥 <i>Sterna albifrons</i>          | 夏 |   | + |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    | ○  |
| <b>鸠鸽科 Columbidae</b>                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 93 针尾绿鸠 <i>Treron apicalis</i>           | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 94 楔尾绿鸠 <i>*Treron sphenura sphenura</i> | 留 | + |   | + |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 95 雪鸽 <i>Columba leuconota gradaria</i>  | 留 |   |   |   |   | + |   | ○ |   |    |    |    |    |    |
| 96 岩鸽 <i>Columba rupestris rupestris</i> | 留 |   | + |   |   |   | ○ |   |   |    |    |    |    |    |

续 表

|     |                                      | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-----|--------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 97  | 点斑林鸽 * <i>Columba hodgsonii</i>      | 留 | + |   | + |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 98  | 斑尾鹃鸠 <i>Macropygia unchall</i>       | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 99  | 山斑鸠 * <i>Streptopelia orientalis</i> | 留 |   | + | + |   |   |   |   |   |    |    |    |    | ○  |
| 100 | 珠颈斑鸠 <i>Streptopelia chinensis</i>   | 留 |   | + |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 101 | 火斑鸠 <i>Oenopopelia tranquebarica</i> | 留 |   | + |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    | ○  |

## 鸚鵡科 Psittacidae

|     |                                          |   |   |   |   |   |  |  |  |   |  |  |  |  |  |
|-----|------------------------------------------|---|---|---|---|---|--|--|--|---|--|--|--|--|--|
| 102 | 大绯胸鸚鵡 * <i>Psittacula derbiana</i>       | 留 | + |   | + |   |  |  |  | ○ |  |  |  |  |  |
| 103 | 灰头鸚鵡 <i>Psittacula derbiana finschii</i> | 留 | + | + |   | + |  |  |  | ○ |  |  |  |  |  |

## 杜鵑科 Cuculidae

|     |                                                |    |   |   |   |   |  |  |  |  |  |   |  |  |   |
|-----|------------------------------------------------|----|---|---|---|---|--|--|--|--|--|---|--|--|---|
| 104 | 红翅凤头鵑 <i>Clamator coromandus</i>               | 夏  | + |   |   |   |  |  |  |  |  | ○ |  |  |   |
| 105 | 鷹鵑 <i>Cuculus sparverioides sparverioides</i>  | 留  | + |   |   |   |  |  |  |  |  | ○ |  |  |   |
| 106 | 棕腹杜鵑 <i>Cuculus fugax nisicalor</i>            | 夏旅 |   |   |   |   |  |  |  |  |  |   |  |  | ○ |
| 107 | 四声杜鵑 * <i>Cuculus micropterus micropterus</i>  | 夏  | + | + |   |   |  |  |  |  |  |   |  |  | ○ |
| 108 | 大杜鵑 <i>Cuculus canorus bakeri</i>              | 夏  | + | + | + |   |  |  |  |  |  |   |  |  | ○ |
| 109 | 中杜鵑 <i>Cuculus saturatus saturatus</i>         | 夏  |   |   |   | + |  |  |  |  |  |   |  |  | ○ |
| 110 | 小杜鵑 <i>Cuculus poliocephalus poliocephalus</i> | 夏  | + |   |   | + |  |  |  |  |  |   |  |  | ○ |
| 111 | 八声杜鵑 <i>Cuculus merulinus querulus</i>         | 夏  |   |   |   | + |  |  |  |  |  | ○ |  |  |   |
| 112 | 翠金鵑 <i>Chalcites maculatus</i>                 | 夏  | + |   |   |   |  |  |  |  |  | ○ |  |  |   |
| 113 | 乌鵑 <i>Surniculus lugubris dicruroides</i>      | 夏  | + |   |   | + |  |  |  |  |  | ○ |  |  |   |
| 114 | 噪鵑 <i>Eudynamys scolopacea chinensis</i>       | 夏  | + |   |   |   |  |  |  |  |  | ○ |  |  |   |

续 表

|                                                | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 115 绿嘴地鸱 <i>Phaenicophaeus tristis saliens</i> | 留 | + |   | + |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 116 褐翅鸦鵂 <i>Centropus sinensis intermedius</i> | 留 | + |   |   | + |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 117 小鸦鵂 <i>Centropus toulou bengalensis</i>    | 留 | + |   |   | + |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |

## 鸱鸺科 Strigidae

|                                                 |    |   |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |   |
|-------------------------------------------------|----|---|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|---|
| 118 红角鸱 <i>Otus scops malayanus</i>             | 留  | + |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  | ○ |
| 119 领角鸱 <i>Otus bakkamoena erythrocanpe</i>     | 留  | + |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  | ○ |
| 120 鸱鸺 <i>Bubo bubo tibetanus</i>               | 留  | + |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  | ○ |
| 121 毛脚鱼鸱 <i>Ketupa flavipes</i>                 | 罕见 |   |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |   |
| 122 领鸺鹠 <i>Glaucidium brodiei brodiei</i>       | 留  | + |  |  |  |  |  |  |  |  | ○ |  |  |   |
| 123 斑头鸺鹠 <i>Glaucidium cuculoides whiteleyi</i> | 留  | + |  |  |  |  |  |  |  |  | ○ |  |  |   |
| 124 鹰鸱 <i>Ninox scutulata ussuriensis</i>       | 留  | + |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  | ○ |
| 125 灰林鸱 <i>Strix aluco nivicola</i>             | 留  | + |  |  |  |  |  |  |  |  | ○ |  |  |   |
| 126 短耳鸱 <i>Asio flammeus</i>                    | 冬  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |   |

## 夜鹰科 Caprimulgidae

|                                            |   |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|--------------------------------------------|---|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|---|
| 127 普通夜鹰 <i>Caprimulgus indicus jotaka</i> | 夏 |  |  |  | + |  |  |  |  |  |  |  |  | ○ |
|--------------------------------------------|---|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|---|

## 雨燕科 Apodidae

|                                                   |   |   |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |   |
|---------------------------------------------------|---|---|---|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|---|
| 128 短嘴金丝燕 <i>Collocalia brevirostris</i>          | 留 | + |   |  |  |  |  |  | ○ |  |  |  |  |   |
| 129 [白喉]针尾雨燕 <i>Hirundapus caudacutus nudipes</i> | 留 | + |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  | ○ |
| 130 白腰雨燕 <i>Apus pacificus kanoi</i>              | 夏 |   | + |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  | ○ |

## 咬鹃科 Trogonidae

|                                                   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 131 红头咬鹃 <i>Harpactes erythrocephalus helenae</i> | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |

## 翠鸟科 Alcedinidae

|                                               |   |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |   |
|-----------------------------------------------|---|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|---|
| 132 冠鱼狗 <i>Ceryle lugubris guttulata</i>      | 留 |  | + |  |  |  |  |  |  |  | ○ |  |  |   |
| 133 普通翠鸟 <i>Alcedo atthis bengalensis</i>     | 留 |  | + |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  | ○ |
| 134 白胸翡翠 <i>Halcyon smyrnensis perpulchra</i> | 留 |  | + |  |  |  |  |  |  |  | ○ |  |  |   |
| 135 蓝翡翠 <i>Halcyon pileata</i>                | 夏 |  | + |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  | ○ |

## 蜂虎科 Meropidae

|                                                |   |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |
|------------------------------------------------|---|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|
| 136 栗喉蜂虎 <i>Merops philippinus philippinus</i> | 夏 |  | + |  |  |  |  |  |  |  | ○ |  |  |  |
|------------------------------------------------|---|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|

## 佛法僧科 Coraciidae

|                                                |   |   |   |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |   |
|------------------------------------------------|---|---|---|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|---|
| 137 棕胸佛法僧 <i>Coracias benghaiensis affinis</i> | 留 |   | + |  |  |  |  |  |  | ○ |  |  |  |   |
| 138 三宝鸟 <i>Eurystomus orientalis calonyx</i>   | 夏 | + |   |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  | ○ |

## 代胜科 Upupidae

|                                        |   |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |
|----------------------------------------|---|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|
| 139 代胜 <i>Upupa epops longirostris</i> | 留 |  | + |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ○ |
|----------------------------------------|---|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|

## 须鹛科 Capitonidae

|                                                   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |  |  |
|---------------------------------------------------|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|---|---|--|--|
| 140 大拟啄木 <i>*Megalaima virens virens</i>          | 留 | + |  |  |  |  |  |  |  |  | ○ |   |  |  |
| 141 金喉拟啄木 <i>*Megalaima franklinii franklinii</i> | 留 | + |  |  |  |  |  |  |  |  |   | ○ |  |  |
| 142 蓝喉拟啄木 <i>Megalaima asiatica asiatica</i>      | 留 | + |  |  |  |  |  |  |  |  |   | ○ |  |  |

## 啄木鸟科 Picidae

|                                                 |   |   |  |   |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |
|-------------------------------------------------|---|---|--|---|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|
| 143 蚁鵙 <i>Jynx torquilla</i>                    | 冬 |   |  |   |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |
| 144 姬啄木鸟 <i>*Picumnus innominatus chinensis</i> | 留 | + |  | + |  |  |  |  |  |  | ○ |  |  |  |

续 表

|                                                     | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-----------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 145 栗啄木鸟 <i>Micropternus brachyurus phaiiceps</i>   | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 146 黑枕绿啄木鸟 <i>Picus canus sordidior</i>             | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    | ○  |
| 147 黄冠绿啄木鸟 <i>Picus chloeolophus chloeolophus</i>   | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 148 黑啄木鸟 <i>Dryocopus martius forcsii</i>           | 留 | + |   |   |   |   | ○ |   |   |    |    |    |    |    |
| 149 斑啄木鸟 <i>*Dendrocopos major stresemsni</i>       | 留 | + | + | + |   |   |   |   |   |    |    |    |    | ○  |
| 150 黄颈啄木鸟 <i>*Dendrocopos darjellensisdesmursi</i>  | 留 | + |   | + |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 151 赤胸啄木鸟 <i>Dendrocopos cathpharius tenebrosus</i> | 留 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 152 棕腹啄木鸟 <i>Dendrocopos hyperthrus hyperthrus</i>  | 留 | + |   | + |   |   |   |   |   |    |    |    |    | ○  |
| 153 星头啄木鸟 <i>Dendrocopos cannicapillus omissus</i>  | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    | ○  |
| 154 三趾啄木鸟 <i>*Picoides tridactylus tridactylus</i>  | 留 | + |   | + |   |   | ○ |   |   |    |    |    |    |    |
| 155 黄嘴噪啄木鸟 <i>Blythipicus pyrrhotis annamensis</i>  | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |

## 百灵科 Alaudidae

|                                                  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------------------|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 156 短趾沙百灵 <i>Calandrella cinerea dukhanensis</i> | 旅 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 157 小云雀 <i>Alauda gulgula vernaïi</i>            | 旅 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

## 燕科 Hirundinidae

|                                               |   |  |   |   |  |  |   |  |  |  |   |  |  |   |
|-----------------------------------------------|---|--|---|---|--|--|---|--|--|--|---|--|--|---|
| 158 岩燕 <i>Ptyonoprogne rupestris</i>          | 夏 |  |   |   |  |  | ○ |  |  |  |   |  |  |   |
| 159 家燕 <i>*Hirundo rustica guttaralis</i>     | 夏 |  | + |   |  |  |   |  |  |  |   |  |  | ○ |
| 160 金腰燕 <i>Hirundo daurica gephyra</i>        | 夏 |  | + |   |  |  |   |  |  |  |   |  |  | ○ |
| 161 毛脚燕 <i>*Delichon urbica cashmeriensis</i> | 夏 |  |   | + |  |  |   |  |  |  |   |  |  | ○ |
| 162 黑喉毛脚燕 <i>Delichon nipalensis cuttingi</i> | 夏 |  | + |   |  |  |   |  |  |  | ○ |  |  |   |

|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|

## 鵲鹀科 Motacillidae

|                                              |   |   |   |   |   |  |   |  |  |  |   |  |  |   |
|----------------------------------------------|---|---|---|---|---|--|---|--|--|--|---|--|--|---|
| 163 山鵲鹀 <i>Dendronanthus indicus</i>         | 冬 |   |   |   |   |  |   |  |  |  |   |  |  |   |
| 164 黄鵲鹀 <i>Motacilla flava</i>               | 旅 |   |   |   |   |  |   |  |  |  |   |  |  |   |
| 165 黄头鵲鹀 <i>Motacilla citreola citreola</i>  | 旅 |   |   |   |   |  |   |  |  |  |   |  |  |   |
| 166 灰鵲鹀 <i>Motacilla cinerea</i>             | 冬 |   |   |   |   |  |   |  |  |  |   |  |  |   |
| 167 白鵲鹀 * <i>Motacilla alba alboides</i>     | 留 | + | + | + |   |  |   |  |  |  |   |  |  |   |
| <i>M. a. leucopsis</i>                       | 冬 |   |   |   |   |  |   |  |  |  |   |  |  | ○ |
| 168 田鵲 <i>Anthus novaeseelandiae rufulus</i> | 留 |   |   |   | + |  |   |  |  |  |   |  |  | ○ |
| 169 树鵲 * <i>Anthus hodgsoni hodgsoni</i>     | 夏 | + |   |   |   |  | ○ |  |  |  |   |  |  |   |
| 170 粉红胸鵲 <i>Anthus roseatus</i>              | 留 | + |   |   |   |  | ○ |  |  |  |   |  |  |   |
| 171 水鵲 <i>Anthus spinoletta</i>              | 冬 |   |   |   |   |  |   |  |  |  |   |  |  |   |
| 172 山鵲 <i>Anthus sylvanus</i>                | 留 |   |   |   |   |  |   |  |  |  | ○ |  |  |   |

## 山椒鸟科 Campephagidae

|                                                     |   |   |  |   |   |  |  |  |  |  |   |  |   |  |
|-----------------------------------------------------|---|---|--|---|---|--|--|--|--|--|---|--|---|--|
| 173 大鵲鹀 <i>Coracina novaehollandiae siamensis</i>   | 留 |   |  | + |   |  |  |  |  |  | ○ |  |   |  |
| 174 暗灰鵲鹀 <i>Coracina melaschistos melaschistos</i>  | 夏 | + |  | + |   |  |  |  |  |  | ○ |  |   |  |
| 175 粉红山椒鸟 <i>Pericrocotus roseus roseus</i>         | 旅 |   |  |   |   |  |  |  |  |  |   |  |   |  |
| 176 灰喉山椒鸟 <i>Pericrocotus solaris montpellierii</i> | 留 | + |  |   |   |  |  |  |  |  | ○ |  |   |  |
| 177 长尾山椒鸟 * <i>Pericrocotus ethologus yvettae</i>   | 夏 | + |  |   | + |  |  |  |  |  |   |  | ○ |  |
| 178 短嘴山椒鸟 <i>Pericrocotus brevirostris affinis</i>  | 夏 | + |  |   | + |  |  |  |  |  | ○ |  |   |  |
| 179 褐背鵲鹀 <i>Hemipus pictatus</i>                    | 留 |   |  |   | + |  |  |  |  |  | ○ |  |   |  |

续 表

|                                                | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 180 赤红山椒鸟 <i>Pericrocotus flammeus elegans</i> | 留 |   |   |   | + |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |

## 鹎科 Pycnonotidae

|                                                          |   |   |   |   |   |  |  |  |   |   |   |   |  |  |
|----------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|--|--|--|---|---|---|---|--|--|
| 181 凤头鹦嘴鹎 * <i>Spizixos canifrons</i>                    | 留 | + |   | + |   |  |  |  |   | ○ |   |   |  |  |
| 182 纵纹绿鹎 <i>Pycnonotus striatus striatus</i>             | 留 | + |   |   |   |  |  |  |   | ○ |   |   |  |  |
| 183 红耳鹎 <i>Pycnonotus jocosus monticola</i>              | 留 | + |   |   |   |  |  |  |   |   | ○ |   |  |  |
| 184 黄臀鹎 * <i>Pycnonotus xanthorrhous xanthorrhous</i>    | 留 | + | + |   |   |  |  |  |   |   | ○ |   |  |  |
| 185 黑喉红臀鹎 <i>Pycnonotus cafer</i>                        | 留 | + |   |   |   |  |  |  | ○ |   |   |   |  |  |
| 186 栗背短脚鹎 <i>Hypsipetes flavala</i>                      | 留 | + |   |   |   |  |  |  |   |   | ○ |   |  |  |
| 187 白喉红臀鹎 <i>Pycnonotus aurigaster latouchi</i>          | 留 | + |   |   |   |  |  |  |   |   | ○ |   |  |  |
| 188 白喉冠鹎 <i>Criniger palidus herici</i>                  | 留 | + |   |   |   |  |  |  |   |   |   | ○ |  |  |
| 189 绿翅短脚鹎 * <i>Hypsipetes maclellandii simitis</i>       | 留 | + |   |   | + |  |  |  |   |   | ○ |   |  |  |
| 190 黑〔短脚〕鹎 * <i>Hypsipetes madagascariensis concolor</i> | 夏 | + | + | + |   |  |  |  |   |   | ○ |   |  |  |

## 和平鸟科 Irenidae

|                                                |   |  |  |   |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |
|------------------------------------------------|---|--|--|---|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|
| 191 橙腹叶鹎 <i>Chloropsis hardwickei melliana</i> | 留 |  |  | + |  |  |  |  |  |  | ○ |  |  |  |
|------------------------------------------------|---|--|--|---|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|

## 太平鸟科 Bombycillidae

|                                     |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------------------------------|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 192 小太平鸟 <i>Bombycilla japonica</i> | 偶见 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------------------------------|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

## 伯劳科 Laniidae

|                                                  |   |  |   |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |   |
|--------------------------------------------------|---|--|---|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|---|
| 193 红尾伯劳 <i>Lanius cristatus</i>                 | 夏 |  | + |  | + |  |  |  |  |  |   |  |  | ○ |
| 194 栗背伯劳 <i>Lanius collurioides collurioides</i> | 留 |  | + |  | + |  |  |  |  |  | ○ |  |  |   |
| 195 棕背伯劳 <i>Lanius schachtricolor</i>            | 留 |  | + |  |   |  |  |  |  |  | ○ |  |  |   |



|                                                  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|--------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 196 灰背伯劳 * <i>Lanius tephronotus tephronotus</i> | 留 | + | + | + | + |   |   |   |   |    |    |    | ○  |    |

## 黄鹌科 Oriolodae

|                                         |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |   |
|-----------------------------------------|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|---|
| 197 黑枕黄鹌 <i>Oriolus chinensis</i>       | 留 | + | + |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  | ○ |
| 198 栗色黄鹌 <i>Oriolus trailii trailii</i> | 夏 | + |   |  |  |  |  |  |  |  | ○ |  |  |   |

## 卷尾科 Dicruridae

|                                                    |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |
|----------------------------------------------------|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|
| 199 黑卷尾 <i>Dicrurus macrocercus cathoecus</i>      | 夏 | + |  |  |  |  |  |  |  |  | ○ |  |  |  |
| 200 灰卷尾 <i>Dicrurus leucophaeus hopwoodi</i>       | 夏 | + |  |  |  |  |  |  |  |  | ○ |  |  |  |
| 201 发冠卷尾 <i>Dicrurus hottentottus hottentottus</i> | 夏 | + |  |  |  |  |  |  |  |  | ○ |  |  |  |

## 椋鸟科 Sturnidae

|                                                          |   |   |   |  |   |  |  |  |  |   |   |  |  |  |
|----------------------------------------------------------|---|---|---|--|---|--|--|--|--|---|---|--|--|--|
| 202 灰头椋鸟 <i>Sturnus malabaricus</i>                      | 留 | + |   |  |   |  |  |  |  | ○ |   |  |  |  |
| 203 家八哥 <i>Acridotheres tristis</i>                      | 留 |   | + |  | + |  |  |  |  | ○ |   |  |  |  |
| 204 [普通]八哥 <i>Acridotheres cristatellus cristatellus</i> | 留 |   | + |  |   |  |  |  |  |   | ○ |  |  |  |

## 鸦科 Corvidae

|                                                       |   |   |   |   |   |   |   |  |   |  |   |  |  |   |
|-------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|--|---|--|---|--|--|---|
| 205 松鸦 <i>Garrulus glandarius sinensis</i>            | 留 | + | + | + |   |   |   |  |   |  |   |  |  | ○ |
| 206 黄嘴蓝鹊 * <i>Cissa flavirostris flavirostris</i>     | 留 | + | + | + |   |   |   |  | ○ |  |   |  |  |   |
| 207 红嘴蓝鹊 * <i>Cissa erythrorhyncha alticola</i>       | 留 | + | + | + |   |   |   |  |   |  | ○ |  |  |   |
| 208 喜鹊 * <i>Pica pica sericea</i>                     | 留 |   | + | + | + |   |   |  |   |  |   |  |  | ○ |
| 209 灰树鹊 <i>Crypsirina formosae himalayensis</i>       | 留 | + |   |   |   |   |   |  |   |  | ○ |  |  |   |
| 210 星鸦 * <i>Nucifraga caryocatactes macella</i>       | 留 | + |   | + |   | + | ○ |  |   |  |   |  |  |   |
| 211 红嘴山鸦 * <i>Pyrhacorax pyrrhacorax himalayensis</i> | 留 |   |   |   |   | + | ○ |  |   |  |   |  |  |   |

续 表

|                                                 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 212 寒鸦 <i>Corvus monedula dauuricus</i>         | 留 |   | + |   |   |   | ○ |   |   |    |    |    |    |    |
| 213 大嘴乌鸦 <i>Corvus macro-rhynchus colonorum</i> | 留 | + | + | + |   |   |   |   |   |    |    |    |    | ○  |
| 214 小嘴乌鸦 <i>Corvus corone</i>                   | 旅 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |

## 河乌科 Cinelidae

|                                             |   |  |   |  |   |  |  |   |  |  |  |  |  |   |
|---------------------------------------------|---|--|---|--|---|--|--|---|--|--|--|--|--|---|
| 215 河乌 <i>Cinelus cinelus cashmeriensis</i> | 留 |  |   |  | + |  |  | ○ |  |  |  |  |  |   |
| 216 褐河乌 <i>Cinclus pallasii pallasii</i>    | 留 |  | + |  |   |  |  |   |  |  |  |  |  | ○ |

## 鹡鹑科 Troglodytidae

|                                                   |   |   |  |   |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------------------------|---|---|--|---|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|
| 217 鹡鹑 <i>Troglodytes troglodytes talifuensis</i> | 留 | + |  | + |  |  | ○ |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------------------------|---|---|--|---|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|

## 岩鹑科 Prunellidae

|                                                    |   |  |  |   |  |   |  |   |  |  |  |  |  |  |
|----------------------------------------------------|---|--|--|---|--|---|--|---|--|--|--|--|--|--|
| 218 领岩鹑 * <i>Prunella collaris nipalensis</i>      | 留 |  |  | + |  | + |  | ○ |  |  |  |  |  |  |
| 219 鹑岩鹑 <i>Prunella rubeculoides rubeculoides</i>  | 留 |  |  |   |  | + |  | ○ |  |  |  |  |  |  |
| 220 棕胸岩鹑 * <i>Prunella strophiiata strophiiata</i> | 留 |  |  |   |  | + |  | ○ |  |  |  |  |  |  |
| 221 褐红背岩鹑 * <i>Prunella immaculata</i>             | 冬 |  |  |   |  |   |  |   |  |  |  |  |  |  |

## 鹟科 Muscicapidae

|                                                     |   |   |  |   |   |  |  |   |   |  |   |  |  |  |
|-----------------------------------------------------|---|---|--|---|---|--|--|---|---|--|---|--|--|--|
| 222 锈腹短翅鹟 <i>Brachypteryx hyperythra</i>            | 夏 | + |  |   |   |  |  |   | ○ |  |   |  |  |  |
| 223 白喉短翅鹟 <i>Brachypteryx leucophrys nipalensis</i> | 留 | + |  |   |   |  |  |   |   |  | ○ |  |  |  |
| 224 蓝短翅鹟 <i>Brachypteryx montana cruralis</i>       | 夏 | + |  |   |   |  |  |   |   |  | ○ |  |  |  |
| 225 红点颏 * <i>Luscinia calliope</i>                  | 冬 |   |  |   |   |  |  |   |   |  |   |  |  |  |
| 226 黑胸歌鹟 <i>Luscinia pectoralis tschebaiewi</i>     | 夏 |   |  |   | + |  |  | ○ |   |  |   |  |  |  |
| 227 金胸歌鹟 <i>Luscinia pectoratens</i>                | 夏 |   |  | + |   |  |  |   | ○ |  |   |  |  |  |

续 表

|     |                                                    | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-----|----------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 228 | 栗腹歌鸲 <i>Luscinia brunnea brunnea</i>               | 夏 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 229 | 红胁蓝尾鸲 * <i>Tarsiger cyanurus rufilatus</i>         | 夏 |   |   |   | + | + | ○ |   |   |    |    |    |    |    |
| 230 | 金色林鸲 * <i>Tarsiger chrysaeus</i>                   | 夏 |   |   |   |   | + |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 231 | 白眉林鸲 * <i>Tarsiger indicus</i>                     | 留 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 232 | 棕腹林鸲 <i>Tarsiger hyperythrus</i>                   | 夏 | + |   |   |   | + |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 233 | 鵲鸲 <i>Copsychus saularis erimelas</i>              | 留 |   | + |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 234 | 赭红尾鸲 <i>Phoenicurus ochruros rufiventris</i>       | 留 |   |   |   | + |   | ○ |   |   |    |    |    |    |    |
| 235 | 黑喉红尾鸲 <i>Phoenicurus hodgsoni</i>                  | 留 |   |   |   | + | + |   | ○ |   |    |    |    |    |    |
| 236 | 蓝额红尾鸲 * <i>Phoenicurus frontalis</i>               | 留 | + |   | + | + | + |   |   |   |    |    |    | ○  |    |
| 237 | 白喉红尾鸲 <i>Phoenicurus schisticeps</i>               | 留 |   |   |   |   | + |   | ○ |   |    |    |    |    |    |
| 238 | 北红尾鸲 <i>Phoenicurus aureus leucopterus</i>         | 夏 |   | + |   |   |   | ○ |   |   |    |    |    |    |    |
| 239 | 红腹红尾鸲 <i>Phoenicurus erythrogaster</i>             | 冬 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 240 | 红尾水鸲 * <i>Rhyacornis fuliginosus fuliginosus</i>   | 留 | + |   | + |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 241 | 短翅鸲 * <i>Hodgsonius phoenicuroides ichangensis</i> | 留 | + | + | + |   | + |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 242 | 白尾斑地鸲 <i>Cinclidium leucurum leucurum</i>          | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 243 | 蓝大翅鸲 <i>Grandala coelicolor</i>                    | 留 |   |   |   | + |   |   | ○ |   |    |    |    |    |    |
| 244 | 小燕尾 <i>Enicurus scouleri</i>                       | 留 |   | + | + |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 245 | 灰背燕尾 <i>Enicurus schistaceus</i>                   | 留 |   | + |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 246 | 黑背燕尾 * <i>Enicurus lescchenaulti sinensis</i>      | 留 | + | + | + |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 247 | 斑背燕尾 <i>Enicurus maculatus guttatus</i>            | 留 |   | + |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |

续 表

|                                                               | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 248 紫宽嘴鹀 <i>Cochia purpurea</i>                               | 留 |   |   | + |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 249 黑喉石鹀 <i>Saxicola torquata przewalskii</i>                 | 夏 |   | + |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    | ○  |
| 250 白斑黑石鹀 <i>Saxicola caprata burmanica</i>                   | 留 |   | + |   |   |   |   |   |   | ○  |    |    |    |    |
| 251 灰林鹀 * <i>Saxicola ferrea haringfoni</i>                   | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 252 白顶溪鹀 * <i>Chaimarrornis leucocephalus</i>                 | 留 | + | + | + |   | + |   |   |   |    |    |    | ○  |    |
| 253 栗胸矶鹀 <i>Monticola rufigiventris</i>                       | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 254 蓝矶鹀 * <i>Monticola solitaria pandoo</i>                   | 夏 |   | + |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    | ○  |
| 255 紫哨鹀 * <i>Myiophoneus caeruleus temminckii</i> M.c.eugenei | 留 | + | + | + |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 256 光背山鹀 <i>Zoothera mollissima griseiceps</i>                | 旅 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 257 长尾山鹀 * <i>Zoothera dixoni</i>                             | 夏 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 258 虎斑山鹀 <i>Zoothera dama socia</i>                           | 夏 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 259 黑胸鹀 <i>Turdus dissimilis</i>                              | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   | ○  |    |    |    |    |
| 260 灰翅鹀 * <i>Turdus boulboul</i>                              | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    |    | ○  |    |    |
| 261 乌鹀 <i>Turdus merula mandarius</i>                         | 留 |   | + |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    | ○  |
| 262 灰头鹀 * <i>Turdus rubrocanus gouldii</i>                    | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | ○  |    |
| 263 棕背鹀 <i>Turdus kessieri</i>                                | 留 |   |   |   |   |   |   | ○ |   |    |    |    |    |    |
| 264 白腹鹀 <i>Turdus pallidus</i>                                | 冬 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 265 赤颈鹀 <i>Turdus ruficollis</i>                              | 冬 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 266 斑鹀 <i>Turdus naumanni</i>                                 | 冬 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 267 宝兴歌鹀 <i>Turdus mupinensis</i>                             | 留 |   |   | + | + |   |   |   |   |    |    |    | ○  |    |

|                                                                 | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-----------------------------------------------------------------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 画眉亚科 Timaliinae                                                 |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 268 锈脸钩嘴鹛 * <i>Pomatorhinus erythrogastrus decarler</i>         | 留    | + | + | + | + |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 269 棕颈钩嘴鹛 * <i>Pomatorhinus ruficollis similis</i>              | 留    | + |   | + | + |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 270 白腹鸫鹛 <i>Pnoepyga albiventer</i>                             | 留    | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 271 山鸫鹛 <i>Pnoepyga pusilla pusilla</i>                         | 留    | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 272 斑翅鸫鹛 <i>Spelaeornis troglodytoides souliei</i><br>S.t.rocki | 留    | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 273 长尾鸫鹛 <i>Spelaeornis chocolatinus</i>                        | 4、5月 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 274 黄喉穗鹛 <i>Stachyris ambigua</i>                               | 夏    | + |   |   | + |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 275 红头穗鹛 <i>Stachyris ruficeps bhamoensis</i>                   | 留    | + |   |   | + |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 276 金头穗鹛 <i>Stachyris chrysaea chrysaea</i>                     | 夏    | + |   |   |   |   |   |   |   |    |    | ○  |    |    |
| 277 红顶鹛 <i>Timalia pileata smithi</i>                           | 留    |   |   |   | + |   |   |   |   |    |    | ○  |    |    |
| 278 金眼鹛雀 <i>Chrysomma sinense sinense</i>                       | 留    |   | + |   | + |   |   |   |   |    |    | ○  |    |    |
| 279 宝兴鹛雀 <i>Moupinia poecilotis</i>                             | 留    |   |   |   | + |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 280 矛纹草鹛 * <i>Babax lanceolatus bonvaloti</i>                   | 留    |   |   | + | + |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 281 白喉噪鹛 * <i>Garrulax albogularis albogularis</i>              | 留    |   |   | + |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 282 黑领噪鹛 <i>Garrulax pectoralis pingi</i>                       | 留    | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 283 条纹噪鹛 * <i>Garrulax striatus cranbrookii</i>                 | 留    | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 284 褐胸噪鹛 <i>Garrulax masesi grahami</i>                         | 留    | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 285 灰翅噪鹛 <i>Garrulax cineraceus strenuus</i>                    | 留    |   |   | + |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 286 斑背噪鹛 <i>Garrulax lunulatus bieti</i>                        | 留    |   |   | + |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |

|                                                                   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 287 花背噪鹛 * <i>Garrulax maximus</i>                                | 留 |   |   |   |   | + |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 288 眼纹噪鹛 <i>Garrulax ocellatus maculipectus</i>                   | 留 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 289 灰胁噪鹛 * <i>Garrulax caerulatus latifrons</i>                   | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 290 棕噪鹛 <i>Garrulax poecilorhynchus ricinus</i>                   | 留 |   |   | + |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 291 画眉 <i>Garrulax canorus canorus</i>                            | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 292 白颊噪鹛 <i>Garrulax sanio comis</i>                              | 留 | + | + |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 293 鳞斑噪鹛 <i>Garrulax squamatus</i>                                | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    |    | ○  |    |    |
| 294 纯色噪鹛 <i>Garrulax subunicolor griseatus</i>                    | 留 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 295 橙翅噪鹛 * <i>Garrulax elioti</i>                                 | 留 | + |   | + |   | + |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 296 黑项噪鹛 <i>Garrulax affinis oustaleti</i>                        | 留 | + |   | + |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 297 红头噪鹛 <i>Garrulax erythrocephalus woodi</i>                    | 留 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 298 赤尾噪鹛 <i>Garrulax milnei sharpei</i>                           | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 299 红翅藪鹀 <i>Liocichla phoenicea bokeri</i><br><i>L.ph.ripponi</i> | 留 | + |   |   | + |   |   |   |   | ○  |    |    |    |    |
| 300 银耳相思鸟 <i>Leiothrix argentauris vernayi</i>                    | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    |    | ○  |    |    |
| 301 红嘴相思鸟 * <i>Leiothrix lutea yunnanensis</i>                    | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 302 火尾绿鹇 <i>Myzornis pyrrhoura</i>                                | 留 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 303 斑胁姬鹇 * <i>Cutia nipalensis nipalensis</i>                     | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   | ○  |    |    |    |    |
| 304 棕腹鹇 <i>Pterithius rufiventer rufiventer</i>                   | 冬 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 305 红翅鹇 <i>Pteruthius flaviscapis yunnanensis</i>                 | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 306 淡绿鹇 <i>Pteruthius xanthochlorus pallidus</i>                  | 留 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |

续 表

|                                                     | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-----------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 307 栗喉鵙鹟 <i>Pteruthius melanotis melanotis</i>      | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    |    | ○  |    |    |
| 308 栗额鵙鹟 <i>Pteruthius aenobarbus intermedius</i>   | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    |    | ○  |    |    |
| 309 栗额斑翅鵙 <i>*Actinodura egertoni ripponi</i>       | 留 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 310 纹喉斑翅鵙 <i>*Actinodura waldeni saturator</i>      | 留 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 311 灰头斑翅鵙 <i>Actinodura souliei souliei</i>         | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   | ○  |    |    |    |    |
| 312 蓝翅希鹟 <i>Minla cyano-roptera wingatei</i>        | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 313 斑喉希鹟 <i>Minla strigula yunnaneasis</i>          | 留 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 314 火尾希鹟 <i>Minla ignotincta ignotincta</i>         | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 315 金胸雀鹟 <i>Alcippe chrysotis ferresti</i>          | 留 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 316 黄喉雀鹟 <i>Alcippe cinerea</i>                     | 留 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 317 栗头雀鹟 <i>Alcippe castaneiceps castaneiceps</i>   | 留 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 318 白眉雀鹟 <i>*Alcippe vinipictus bieti</i>           | 留 | + |   | + | + |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 319 高山雀鹟 <i>Alcippe straticollis</i>                | 留 | + |   |   |   | + |   | ○ |   |    |    |    |    |    |
| 320 棕头雀鹟 <i>*Alcippe ruficapilla sordidior</i>      | 留 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 321 褐头雀鹟 <i>Alcippe cinereiceps manipurensis</i>    | 留 | + |   |   | + |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 322 褐胁雀鹟 <i>Alcippe dubia genestieri</i>            | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 323 灰眼雀鹟 <i>*Alcippe poiocephala</i>                | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    |    | ○  |    |    |
| 324 白眶雀鹟 <i>Alcippe morrisonia fraterculus</i>      | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 325 栗背奇鹟 <i>Heterophasia melanoleuca desgodinsi</i> | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   | ○  |    |    |    |    |
| 326 丽色奇鹟 <i>*Heterophasia pulchella</i>             | 留 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |

续 表

|                                                           | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-----------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 327 栗头凤鹀 <i>Yuhina castaniceps plumbeiceps</i>            | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 328 白项凤鹀 <i>Yuhina bakeri</i>                             | 留 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 329 黄颈凤鹀 * <i>Yuhina flavicollis rouxi</i>                | 留 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 330 纹喉凤鹀 * <i>Yuhina gularis gularis</i>                  | 留 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 331 白领凤鹀 * <i>Yuhina diademata</i>                        | 留 | + |   | + |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 332 棕胁凤鹀 * <i>Yuhina occipitalis obscurior</i>            | 留 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 333 黑颊凤鹀 <i>Yuhina nigri-menta intermedia</i>             | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 334 白腹凤鹀 <i>Yuhina zantholeuca zantholeuca</i>            | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 335 红嘴鸦雀 <i>Conostama aemodium</i>                        | 留 |   |   | + |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 336 褐鸦雀 * <i>Paradoxornis unicolor</i>                    | 留 | + |   | + |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 337 黄嘴鸦雀 * <i>Paradoxornis flavirostris guttaticollis</i> | 留 | + |   |   | + |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 338 棕头鸦雀 * <i>Paradoxornis webbianus vicketti</i>         | 留 | + |   |   | + |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 339 黄额鸦雀 <i>Paradoxornis fulvifrons albifacies</i>        | 留 |   |   |   |   | + |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 340 橙背鸦雀 <i>Paradoxornis nipalensis poliotis</i>          | 留 |   |   |   | + |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 341 红头鸦雀 <i>Paradoxornis ruficeps bakeri</i>              | 留 |   |   |   | + |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 342 灰头鸦雀 <i>Paradoxornis gularis fokiensis</i>            | 留 |   |   |   | + |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |

## 鸫亚科 Sylviinae

|                                                |     |   |  |  |  |  |  |  |  |   |   |  |  |  |
|------------------------------------------------|-----|---|--|--|--|--|--|--|--|---|---|--|--|--|
| 343 灰腹地鸫 <i>Tesia olivea</i>                   | 12月 |   |  |  |  |  |  |  |  |   |   |  |  |  |
| 344 栗头地鸫 <i>Tesia castaneocoronata ripleyi</i> | 留   | + |  |  |  |  |  |  |  | ○ |   |  |  |  |
| 345 山树鸫 <i>Cettia fortipes davidiana</i>       | 留   | + |  |  |  |  |  |  |  |   | ○ |  |  |  |



|                                                          | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|----------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 346 大树莺 <i>Cettia major major</i>                        | 夏 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 347 异色树莺 * <i>Cettia flavolivacea delcivox</i>           | 夏 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 348 黄腹树莺 <i>Cettia acanthizoides acanthizoides</i>       | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 349 棕顶树莺 <i>Cettia brunnifrons brunnifrons</i>           | 夏 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 350 斑胸短翅莺 <i>Bradypterus thoracicus thoracicus</i>       | 夏 | + |   | + | + |   |   |   |   |    |    |    |    | ○  |
| 351 北短翅莺 <i>Bradypterus tacsanowskii</i>                 | 夏 | + |   | + | + |   |   |   |   |    |    |    |    | ○  |
| 352 棕褐短翅莺 <i>Bradypterus luteoventris luteoventris</i>   | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 353 沼泽大尾莺 <i>Megalurus palustris</i>                     | 留 |   | + |   |   |   |   |   |   | ○  |    |    |    |    |
| 354 黄腹柳莺 * <i>Phylloscopus affinis</i>                   | 夏 | + |   | + |   | + |   | ○ |   |    |    |    |    |    |
| 355 芦莺 <i>Phragamaticola aedon</i>                       | 旅 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 356 棕腹柳莺 * <i>Phylloscopus subaffinis subaffinis</i>     | 夏 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 357 褐柳莺 <i>Phylloscopus fuscatus</i>                     | 冬 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 358 棕眉柳莺 <i>Phylloscopus armandii perplexus</i>          | 夏 | + |   |   |   |   | ○ |   |   |    |    |    |    |    |
| 359 橙斑翅柳莺 * <i>Phylloscopus pulcher pulcher</i>          | 夏 | + |   | + |   | + |   |   |   |    |    |    | ○  |    |
| 360 黄眉柳莺 <i>Phylloscopus inornatus mandellii</i>         | 夏 | + |   |   |   |   | ○ |   |   |    |    |    |    |    |
| 361 黄腰柳莺 <i>Phylloscopus proregulus chloronotus</i>      | 夏 | + |   | + |   | + | ○ |   |   |    |    |    |    |    |
| 362 灰喉柳莺 * <i>Phylloscopus maculipennis maculipennis</i> | 夏 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 363 极北柳莺 * <i>Phylloscopus borealis</i>                  | 旅 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 364 乌嘴柳莺 * <i>Phylloscopus magnirostris</i>              | 夏 | + |   | + |   | + | ○ |   |   |    |    |    |    |    |
| 365 暗绿柳莺 * <i>Phylloscopus trochiloides trochiloides</i> | 夏 | + | + | + |   | + | ○ |   |   |    |    |    |    |    |

续 表

|     |                                                  | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-----|--------------------------------------------------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 366 | 冠纹柳莺 * <i>Phylloscopus reguloides reguloides</i> | 旅   |   | + | + |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 367 | 白斑尾柳莺 <i>Phylloscopus davisoni davisoni</i>      | 留   | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 368 | 黄胸柳莺 <i>Phylloscopus cantator ricketti</i>       | 旅   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 369 | 代菊 <i>Regulus regulus yunnanensis</i>            | 留   |   |   | + |   |   | ○ |   |   |    |    |    |    |    |
| 370 | 栗头鹟莺 * <i>Seicercus castaneiceps laurentei</i>   | 12月 | + |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 371 | 金眶鹟莺 <i>Seicercus burkii tephrocephalus</i>      | 留   | + |   | + |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 372 | 灰脸鹟莺 <i>Seicercus palioenys</i>                  | 12月 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 373 | 黑脸鹟莺 <i>Seicercus schi-sliceus</i>               | 留   | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 374 | 棕脸鹟莺 <i>Seicercus albigularis</i>                | 留   | + |   | + |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 375 | 火尾缝叶莺 <i>Orthotomus sutorius inexpectatus</i>    | 留   | + | + |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 376 | 棕扇尾莺 <i>Cisticola juncidis tinnabulans</i>       | 夏   |   | + |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 377 | 灰胸鹟莺 <i>Prinia hodgsonii confusa</i>             | 留   |   | + |   |   |   |   |   |   | ○  |    |    |    |    |
| 378 | 褐头鹟莺 <i>Prinia subflava extensicauda</i>         | 留   | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 379 | 褐山鹟莺 <i>Prinia polyc-hra</i>                     | 留   | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 380 | 黑喉山鹟莺 * <i>Prinia atrogularis supericiliaris</i> | 留   | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |

## 鹟亚科 Muscicapinae

|     |                                                |   |   |  |   |  |  |  |  |   |  |   |  |  |  |
|-----|------------------------------------------------|---|---|--|---|--|--|--|--|---|--|---|--|--|--|
| 381 | 红喉姬鹟 <i>Ficedula parva</i>                     | 旅 |   |  |   |  |  |  |  |   |  |   |  |  |  |
| 382 | 橙胸姬鹟 * <i>Ficedula strophilata strophilata</i> | 夏 | + |  |   |  |  |  |  |   |  | ○ |  |  |  |
| 383 | 棕胸蓝姬鹟 <i>Ficedula hyperythra hyperythra</i>    | 夏 | + |  |   |  |  |  |  |   |  | ○ |  |  |  |
| 384 | 锈胸蓝姬鹟 <i>Ficedula hodgsonii</i>                | 夏 |   |  | + |  |  |  |  | ○ |  |   |  |  |  |

|                                                      | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 385 小斑姬鹎 <i>Ficedula westermanni australorientis</i> | 夏 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 386 白眉蓝姬鹎 <i>Ficedula superiliaris aestigma</i>      | 夏 |   |   | + |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 387 灰蓝姬鹎 <i>*Ficedula tricolor diversa</i>           | 夏 | + |   | + |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 388 玉头姬鹎 <i>Ficedula sapphira sapphira</i>           | 旅 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 389 小仙鹎 <i>Niltava macgrigoriae macgrigoriae</i>     | 夏 | + |   |   | + |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 390 棕腹大仙鹎 <i>Niltava davidi</i>                      | 夏 | + |   | + |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 391 棕腹仙鹎 <i>*Niltava sundara sundara</i>             | 夏 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 392 棕腹蓝鹎 <i>Niltava vivida catesi</i>                | 夏 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 393 蓝喉鹎 <i>Niltava rubeculoides glaucicomans</i>     | 夏 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 394 山蓝鹎 <i>Niltava banyumas whitei</i>               | 夏 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 395 乌鹎 <i>Muscicapa sibirica sibirica</i>            | 夏 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 396 北灰鹎 <i>*Muscicapa latirostris</i>                | 旅 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 397 红褐鹎 <i>*Muscicapa ferruginea</i>                 | 夏 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 398 铜蓝鹎 <i>*Muscicapa thalassina thalassina</i>      | 夏 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 399 方尾鹎 <i>Gulicicapa ceylonensis ceylonensis</i>    | 夏 |   |   |   | + |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 400 黑枕王鹎 <i>Hypothynis azurea styani</i>             | 夏 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 401 寿带 <i>Terpsiphone paradisi saturator</i>         | 夏 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 402 白喉扇尾鹎 <i>Rhipidura albicollis albicollis</i>     | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 403 黄腹扇尾鹎 <i>Rhipidura hypozantha</i>                | 留 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |

山雀科 Paridae

续 表

|                                                        | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|--------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 404 大山雀 * <i>Parus major sububetanus</i>               | 留 | + | + | + | + |   |   |   |   |    |    |    |    | ○  |
| 405 绿背山雀 * <i>Parus monticolus yunnanensis</i>         | 留 | + |   | + |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 406 黄颊山雀 <i>Parus xanthognys</i>                       | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 407 黑冠山雀 * <i>Parus rubidiventris</i>                  | 留 | + |   | + |   |   |   |   |   |    |    |    | ○  |    |
| 408 煤山雀 * <i>Parus ater aemodius</i>                   | 留 |   |   | + |   |   | ○ |   |   |    |    |    |    |    |
| 409 褐冠山雀 * <i>Parus dichrous wellsi</i>                | 留 |   |   | + |   |   |   |   |   |    |    |    | ○  |    |
| 410 沼泽山雀 <i>Parus palustris dejeani</i>                | 留 |   |   | + |   |   | ○ |   |   |    |    |    |    |    |
| 411 褐头山雀 <i>Parus montanus weigaldicus</i>             | 留 |   |   | + |   |   | ○ |   |   |    |    |    |    |    |
| 412 黄眉林雀 * <i>Sylviparus modestus modestus</i>         | 留 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 413 银喉〔长尾〕山雀 * <i>Aegithalos caudatus vinaceus</i>     | 留 | + |   |   |   |   | ○ |   |   |    |    |    |    |    |
| 414 红头〔长尾〕山雀 * <i>Aegithalos concinnus tatifuensis</i> | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 415 黑头〔长尾〕山雀 <i>Aegithalos iouschistos bouvaloti</i>   | 留 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 416 白脸鹇 * <i>Sitta leucopsis</i>                       | 留 |   |   | + |   |   |   | ○ |   |    |    |    |    |    |
| 417 巨鹇 <i>Sitta magna ligea</i>                        | 留 |   |   | + |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 418 滇鹇 <i>Sitta yunnanensis</i>                        | 留 |   |   | + |   |   |   |   |   | ○  |    |    |    |    |
| 419 白尾鹇 <i>Sitta himalayensis</i>                      | 留 | + |   | + |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 420 普通鹇 * <i>Sitta europaea montium</i>                | 留 | + |   | + |   |   |   |   |   |    |    |    |    | ○  |
| 421 红翅旋壁雀 <i>Tichodroma muraria</i>                    | 冬 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |

## 旋木雀科 Certhiidae

|                                               |   |   |  |   |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------------------------------------------|---|---|--|---|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|
| 422 普通旋木雀 <i>Certhia familiaris khamensis</i> | 留 | + |  | + |  |  | ○ |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------------------------------------------|---|---|--|---|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|

|                                                   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 423 高山旋木雀 * <i>Certhia himalayana yunnanensis</i> | 留 |   |   | + |   |   |   | ○ |   |    |    |    |    |    |
| 424 褐喉旋木雀 <i>Certhia discolor shanensis</i>       | 夏 | + |   | + |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |

## 攀雀科 Remizidae

|                                                  |   |  |  |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------------------|---|--|--|---|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|
| 425 火冠雀 <i>Cephalopyrus flammiceps olivaceus</i> | 留 |  |  | + |  |  |  |  | ○ |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------------------|---|--|--|---|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|

## 啄花鸟科 Dicaeidae

|                                                |   |   |   |  |  |  |  |  |   |  |   |  |  |  |
|------------------------------------------------|---|---|---|--|--|--|--|--|---|--|---|--|--|--|
| 426 黄腹啄花鸟 * <i>Dicaeum melanozanthum</i>       | 夏 | + |   |  |  |  |  |  | ○ |  |   |  |  |  |
| 427 纯色啄花鸟 <i>Dicaeum concolor olivaceum</i>    | 留 | + |   |  |  |  |  |  |   |  | ○ |  |  |  |
| 428 红胸啄花鸟 <i>Dicaeum ignipectus ignipectus</i> | 留 | + | + |  |  |  |  |  |   |  | ○ |  |  |  |

## 太阳鸟科 Nectariniidae

|                                                |   |   |  |   |  |  |  |  |   |  |   |   |  |  |
|------------------------------------------------|---|---|--|---|--|--|--|--|---|--|---|---|--|--|
| 429 黑胸太阳鸟 <i>Aethopyga saturata assamensis</i> | 留 | + |  |   |  |  |  |  |   |  |   | ○ |  |  |
| 430 火尾太阳鸟 <i>Aethopyga ignicauda ignicauda</i> | 留 | + |  |   |  |  |  |  | ○ |  |   |   |  |  |
| 431 蓝喉太阳鸟 * <i>Aethopyga gouldiae dabryi</i>   | 留 | + |  | + |  |  |  |  |   |  | ○ |   |  |  |
| 432 绿喉太阳鸟 * <i>Aethopyga nipalensis koelzi</i> | 留 | + |  | + |  |  |  |  | ○ |  |   |   |  |  |

## 绣眼鸟科 Zosteropidae

|                                                 |   |   |  |  |  |  |  |  |  |   |   |  |  |  |
|-------------------------------------------------|---|---|--|--|--|--|--|--|--|---|---|--|--|--|
| 433 暗绿绣眼鸟 <i>Zosterops japonica simplex</i>     | 夏 | + |  |  |  |  |  |  |  |   | ○ |  |  |  |
| 434 灰腹绣眼鸟 <i>Zosterops palpebrosa siamensis</i> | 留 | + |  |  |  |  |  |  |  | ○ |   |  |  |  |

## 文鸟科 Ploceidae

|                                                  |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |   |  |  |   |
|--------------------------------------------------|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|---|--|--|---|
| 435 [树]麻雀 * <i>Passer montanus saturatus</i>     | 留 | + | + | + |  |  |  |  |  |  |   |  |  | ○ |
| 436 山麻雀 * <i>Passer rutilans intensior</i>       | 留 | + | + |   |  |  |  |  |  |  | ○ |  |  |   |
| 437 白腰文鸟 <i>Lonchura striata subsquamicollis</i> | 留 |   | + |   |  |  |  |  |  |  | ○ |  |  |   |

|                                                        | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|--------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 438 斑文鸟 * <i>Lonchura punctulata yunnanensis</i>       | 留 |   | + |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 雀科 Fringillidae                                        |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 439 燕雀 <i>Fringilla montifringilla</i>                 | 冬 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 440 金翅[雀] <i>Carduelis sinica sinica</i>               | 留 |   |   |   | + |   |   |   |   |    |    |    |    | ○  |
| 441 黑头金翅[雀] * <i>Carduelis ambigua ambigua</i>         | 留 |   | + | + |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 442 藏黄雀 <i>Carduelis thibetana</i>                     | 留 |   |   | + |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 443 林岭雀 <i>Leucositta nemoricola nemoricola</i>        | 夏 |   |   |   |   |   |   | ○ |   |    |    |    |    |    |
| 444 拟大朱雀 <i>Carpodacus rubicilloides rubicilloides</i> | 冬 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 445 红胸朱雀 <i>Carpodacus puniceus sikangensis</i>        | 留 |   |   |   |   |   |   | ○ |   |    |    |    |    |    |
| 446 暗色朱雀 * <i>Carpodacus nipalensis nipalensis</i>     | 留 | + |   | + |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 447 赤朱雀 * <i>Carpodacus rubescens</i>                  | 留 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 448 点翅朱雀 * <i>Carpodacus rhodopeplus verreauxii</i>    | 留 | + |   | + |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 449 棕朱雀 <i>Carpodacus edwardsi edwardsii</i>           | 留 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 450 酒红朱雀 <i>Carpodacus vinaceus vinaceus</i>           | 留 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 451 红眉朱雀 <i>Carpodacus pulcherrimus argyophrys</i>     | 留 |   |   | + |   |   |   |   |   |    |    |    | ○  |    |
| 452 白眉朱雀 * <i>Carpodacus thura femininus</i>           | 留 | + |   | + |   |   |   | ○ |   |    |    |    |    |    |
| 453 普通朱雀 <i>Carpodacus erythrurus roseatus</i>         | 夏 |   |   | + |   |   | ○ |   |   |    |    |    |    |    |
| 454 斑翅朱雀 <i>Carpodacus trifasciatus</i>                | 留 |   |   | + |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 455 红交嘴雀 <i>Loxia curirostra himalayensis</i>          | 留 |   |   | + |   |   | ○ |   |   |    |    |    |    |    |
| 456 长尾雀 <i>Uragus sibiricus henrici</i>                | 留 |   |   | + |   |   | ○ |   |   |    |    |    |    |    |

|                                                | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 457 红额原雀 <i>Propyrrhula subhimachala</i>       | 留 |   |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 458 血雀 <i>Haematospiza sipahi</i>              | 夏 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 459 金头黑雀 <i>Pyrrhoplectes epaulectes</i>       | 夏 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 460 褐灰雀 <i>Pyrrhula nipalensis ricketii</i>    | 留 | + |   |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |
| 461 赤胸灰雀 <i>*Pyrrhula erythaca erythaca</i>    | 留 | + |   | + |   |   |   |   |   |    |    |    | ○  |    |
| 462 斑翅拟蜡嘴雀 <i>Mycerobas melanozanthos</i>      | 夏 |   |   |   | + |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 463 白翅拟蜡嘴雀 <i>*Mycerobas carnipes carnipes</i> | 留 | + |   |   |   |   |   | ○ |   |    |    |    |    |    |
| 464 黑翅拟蜡嘴雀 <i>Mycerobas affinis</i>            | 夏 | + |   |   |   |   |   |   | ○ |    |    |    |    |    |
| 465 黄喉鹀 <i>*Emberiza elegans elegantula</i>    | 夏 |   | + |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    | ○  |
| 466 灰头鹀 <i>Emberiza spodocephala sordida</i>   | 夏 |   | + |   |   | + |   |   |   |    |    |    |    | ○  |
| 467 灰眉岩鹀 <i>*Emberiza cia yunnanensis</i>      | 夏 |   | + |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    | ○  |
| 468 赤胸鹀 <i>Emberiza fucata arcuata</i>         | 夏 |   | + |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    | ○  |
| 469 小鹀 <i>Emberiza pusilla</i>                 | 冬 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
| 470 凤头鹀 <i>*Melophus lathami lathami</i>       | 留 |   | + |   |   |   |   |   |   |    | ○  |    |    |    |

ON THE AVIFAUNA OF THE SOUTH AND MIDDLE  
SECTOR OF THE HENGDUAN MOUNTAINS  
(MERIDIONAL HIMALAYAS DISTRICT)

Tang Chan-zhu Xu Yan-gong

Institute of Zoology, Academic Sinica

Abstract

An avifaunal survey was conducted from May to October, 1981 in Western and Northwestern Yunnan.

The birds encountered are found to consist of 115 species. To this number are added another 284 species previously recorded in literature, thus totalling 394 breeding birds. Among the species recorded, there are 287 residents, making up 61% of total in this area; 108 summer visitors occupying about 23%; winter visitors and migrants about 16%.

Concerning the vertical distribution of birds, the area covered may be divided into 4 zones, i. e, zone of broad-leaved forests, zone of mixed broad-leaved and coniferous mixed forests, zone of sparse woods and shrubs, and zone of alpine shrubs and meadow.

We have found dominant species in each zone. In the forests zone breeding birds are mostly of Oriental affinity. In the zone of broad-leaved and coniferous mixed forests, most species are of Oriental affinity. In the zone of alpine shrubs, nearly 70% of the breeding species are palaeartic affinity.

With respect to their faunal affinity, the breeding birds hitherto recorded from Hengduan Mountain of an Oriental affinity occupy about 67%, while those of palaeartic affinity only 14%. Hence we consider that the area under investigation belongs to the Oriental Realm.



## 39. 横断山区鸟类区划地位及其演变

### I. 沙鲁里山南段鸟类区系及垂直分布<sup>①</sup>

郑宝贵 杨 岚

(中国科学院昆明动物研究所)

1981年8月至11月,在中国科学院综合考察队领导下,我们对横断山区沙鲁里山南段及其附近地区进行了鸟类考察,于8月5日离昆明,11月28日结束工作。工作日程及考察路线图如下。

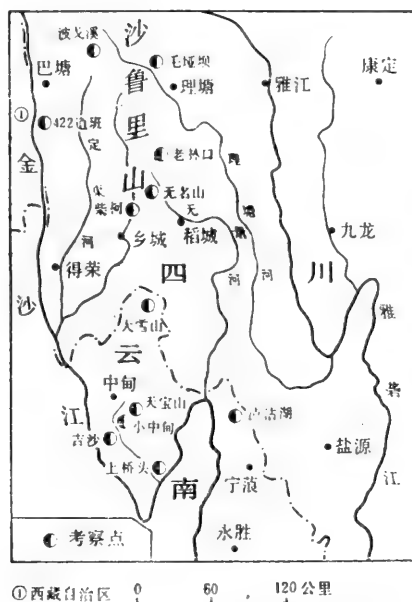


图1 沙鲁里山南段考察路线图

本文仅就金沙江左岸沙鲁里山南段的鸟类区系概况及其资源鸟类和保护鸟类进行分析,旨在为进一步研究横断山区的动物地理区划,喜马拉雅山系鸟类的区系演化,以及保护该区鸟类等方面提供一些参考资料。

### 一、自然概况

沙鲁里山为金沙江与雅鲁江的分水岭,是世界著名的横断山区的一支高山,其西与伯舒拉岭、他念他翁山、宁静山遥相隔望,以东与大雪山、邛来山等高山并列。山脉呈南北走向,北段山体较为完整,南段割切较多。主要河流西坡有巴塘的义敦河、乡城的定渠河(定

<sup>①</sup> 参加野外考察的人员除作者外,尚有石文英、王淑珍。此外,杨志芳、**李致祥**、马世秉和王应祥等同志也先后协助采集过一些鸟类标本

波河)、蚂蚁渠河(马衣河、麻河)和硕伊渠河(喇麻河);东坡有理塘的无量河等,均属金沙江水系。山岭或高原与谷底的一般相对高度为1000—2000米,最高可达5000米,形成地貌上岭谷并列、山高谷深的特色。峡谷与峡谷之间,为山岭和割切高原。

考察范围在北纬27°—30°,东经99°—101°。考察区域海拔最低点为沙鲁里山南端山麓地带金沙江左岸的云南中甸上桥头,海拔为2465米,最高点为四川乡城无名山,海拔约4500米。

该地区气候和植被类型的南北水平分布和垂直分布的差异都较明显,按地形、气候和植被类型,可划分为下列四个垂直带。

I. 低山河谷灌丛常绿阔叶林和云南松林带 海拔2400—3100米。这一带地势较低,受干暖气流沿河谷北上的影响较大,气候温暖而干燥,呈亚热带景观。主要植被以壳斗科植物组成的森林,在箐沟地多呈萌生灌丛。常见树种有白栎*Castanopsis delavayi*、青岗*Quercus glaucooides*和石栎*Lithocarpus* spp.等;在干旱的石灰岩山坡常有红栎*Quercus delavayi*成片生长;在阔叶林遭破坏的林地,通常有云南松*Pinus yunnanensis*密林或疏林。在海拔2600—3000米的阴湿山坡,见有云南铁杉*Tsuga dumesa*、丽江云杉*Picea likiangensis*和华山松林。在巴塘金沙江河畔的“422”道班及乡城柴柯的干热河谷地区,常见有狼牙刺*Sophora vicifolia*、构子*Cotoneaster multiflora*和鼠李*Rhamnus Rosthornii*等旱生植物灌丛。栽培植物有核桃、桃、李和苹果等。鸟类以岩鸽、黄臀鹌鹑和山麻雀等为多见。

II. 中山云杉和高山松林带 海拔3100—3500米。地势较高而开阔,气候温凉。依地貌不同可分为高原宽谷及高山峡谷,前者如中甸、小中甸地区,本区河流纵贯,河岸宽阔,灌丛草甸发育良好,是当地牧民放牧及耕作的基地。主要植物有鸢尾*Iris* sp.、大戟*Euphorbia* sp.、狼毒*Stollera* SP.、小白花*Langlisor* sp.、苔草*Carex* sp.、禾草和翻白叶*Potanilla* SP.等;在沼泽地有灯心草*Jucus* sp.;草甸上除草本植物以外,尚有大面积的矮刺栎灌丛成片分布。海拔3600米以下灌丛草甸边缘的低凹阴湿地带有发育良好的油麦吊云杉*Picea brachytyla* var. *complanata*,在沟谷则与丽江云杉混生。被破坏的云杉林区多以云南松或高山油松林*Pinus densata*更替,林间有矮刺栎*Quercus monimotricha*及大叶白斑杜鹃*Rhodo dendron* sp.高山峡谷区大多阴湿,如巴塘波戈溪,沟谷地带灌木草丛十分茂密。阴坡有丽江云杉及冷杉*Abies* sppo,阳坡有大片的高山栎*Quercus semicarpiifolia*纯林及小片高山松林。鸟类在高原宽谷草甸以小云雀、宝兴鹌鹑和普通朱雀等为常见。高山峡谷区以橙翅噪鹛、白眉雀鹛、棕腹柳莺和黄眉柳莺等为优势种类。

III. 亚高山冷杉杜鹃林带 海拔3400—3800米。气候寒冷而潮湿。植被较单纯,有丽江云杉、长毛冷杉*Abies georgei*、落叶松*Larix* sp.及高山栎纯林,林间有成片的杜鹃林。树上密布松萝和苔藓。鸟类以柳莺、山雀和朱雀等科、属种类为多见。

IV. 高山冷杉杜鹃灌丛、草甸和裸岩带 海拔3800—4500米以上,为考察区的高山岭脊地带。由于雪覆盖期较长,气候较前一带更寒冷潮湿,并且多风。海拔3800—4000米一带,植被主要为冷杉林、落叶松林和杜鹃林,并间有松树、桦树及高山栎等。破坏的林地覆盖有高山矮刺栎灌丛。4000米以上的山脊,多为垫状小叶杜鹃灌丛草甸、草甸草原和高山裸岩及流石滩。

高寒高原是这一地带具有代表性的特殊景观。如理塘毛垭坝,属山原宽谷形成的高原面,山的相对高度一般不超过1000米;理塘的无量河由西北向东南流经坝区中央,河谷甚宽,可达4公里;河流两岸为广阔的草甸草原,以蒿草*Cobresia*、苔草和高山蓼*Polygonum spha-*

*erostachyum*等为主。坝区周围多为草山、灌丛草坡和裸岩。鸟类以角百灵、褐背拟地鸦等典型的高山草甸鸟类为优势。

## 二、区系组成

在沙鲁里山南段野外考察中，采集鸟类标本740号，共获见148种。赤嘴潜鸭为云南省初录。本区鸟类连文献所录，共计217种，隶属38科、17目，其中繁殖鸟、留鸟和夏候鸟有172种，占种总数79.3%。所录鸟类的采集地、海拔高度、区系从属及居留情况如表1<sup>①</sup>。

在整理该地区资料的过程中，对主要在喜马拉雅山系和横断山区北段繁殖的鸟类区系从属分析，无法完全遵循许多学者的常规，简单地归属于“古北界”或“东洋界”。有的鸟类学工作者则已注意到喜马拉雅山系和横断山区的特殊性，将有关的种类列为“特有种”（郑作新、谭耀匡等，1963），或“具喜马拉雅亲缘种类”（陈服官等，1981）。本文对各种鸟类的区系从属分析原则归列如下：

- 1. 由于对各种鸟类的起源和演化缺乏资料，仅以现代分布状况进行区系从属的分析。
- 2. 以留鸟、繁殖鸟和夏候鸟统计区系从属的成分。

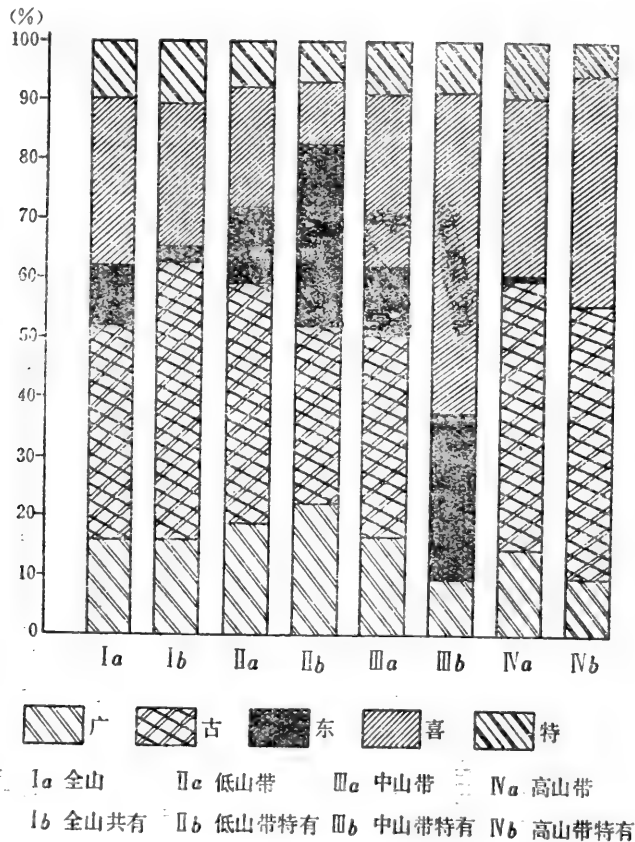


图2 沙鲁里山南段鸟类从属百分比

① 录自文献的种类，无海拔记录者，在本文图、表中仅记录名称

表1 沙鲁里山南段鸟类总表①

| 名                    | 称                                                    | 中甸(上桥头) | 巴塘 | 宁蒗(泸沽湖) | 乡城(柴柯) | 中甸(小中甸) | 巴塘(波戈溪) | 中甸(天宝山) | 稻城(老林口) | 中甸(大雪山) | 理塘(毛垭坝) | 乡城(无名山) | 低山带<br>2400米<br>/<br>3100米 | 中山带<br>3100米<br>/<br>3500米 | 高山带<br>3500米<br>/<br>5000米以上 | 区系从属 | 居留情况 |
|----------------------|------------------------------------------------------|---------|----|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|------|------|
| (1) 鸊鷉科Podicipedidae |                                                      |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                            |                            |                              |      |      |
| 1.                   | 小鸊鷉 <i>Podiceps ruficollis poggei</i> (Reichenow)    |         |    | +       |        |         |         |         |         |         |         |         | —                          |                            |                              | 广    | R    |
| (2) 鸛科Ciconiidae     |                                                      |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                            |                            |                              |      |      |
| 2.                   | 黑鸛 <i>Ciconia nigra</i> (Linnaeus)                   |         |    |         |        |         |         |         |         |         | ○       |         |                            |                            | —                            | 古    | W    |
| (3) 鸭科Anatidae       |                                                      |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                            |                            |                              |      |      |
| 3.                   | 赤麻鸭 <i>Tadorna ferruginea</i> (Pallas)               |         |    |         |        |         |         |         |         |         | ○       |         |                            |                            | —                            | 古    | S    |
| 4.                   | 绿翅鸭 <i>Anas crecca crecca</i> Linnaeus               |         | ○  |         |        |         |         |         |         |         | ○       |         | —                          |                            | —                            | 古    | W    |
| 5.                   | 绿头鸭 <i>Anas platyrhynchos platyrhynchos</i> Linnaeus |         | ○  | —       |        |         |         |         |         |         |         |         | —                          |                            |                              | 古    | W    |
| 6.                   | 斑嘴鸭 <i>Anas poecilorhyncha zonorhyncha</i> Swinhoe   |         |    | —       |        |         |         |         |         |         |         |         | —                          |                            |                              | 广    | W    |
| 7.                   | 赤嘴潜鸭 <i>Netta rufina</i> (Pallas)                    |         |    | +       |        |         |         |         |         |         |         |         | —                          |                            |                              | 古    | W    |
| 8.                   | 凤头潜鸭 <i>Aythya fuligula</i> (Linnaeus)               |         |    | +       |        |         |         |         |         |         |         |         | —                          |                            |                              | 古    | W    |

① “+” 采到, “—” 观察记录, “○” 录自文献, “R” 留鸟, “S” 夏候鸟, “B” 繁殖鸟, “M” 迁徙鸟, “W” 冬候鸟

续表 1

| 名 称                                                        | 巴塘 | 中甸(上桥头) | 宁蒗(泸沽湖) | 乡城(柴柯) | 中甸(小中甸) | 巴塘(波戈溪) | 中甸(天宝山) | 稻城(老林口) | 中甸(大雪山) | 理塘(毛垭坝) | 乡城(无名山) | 低山带<br>2400米<br>/ 3100米 | 中山带<br>3100米<br>/ 3500米 | 高山带<br>3500米<br>/ 5000米以上 | 区系从属 | 居留情况 |
|------------------------------------------------------------|----|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|------|------|
| 9. 普通秋沙鸭 <i>Mergus merganser</i><br>Linnaeus               |    |         |         |        |         |         |         |         |         | -       |         | -                       | -                       | -                         | 古    | MW   |
| (4) 鹰科 Accipitridae                                        |    |         |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                         |                         |                           |      |      |
| 10. 鸢 <i>Milvus korschun lineatus</i> (J. E. Gray)         | ○  |         |         |        |         |         |         |         |         | ○       |         | -                       | -                       | -                         | 古    | RB   |
| 11. 雀鹰 <i>Accipiter nisus</i>                              |    |         |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                         |                         |                           | 古    |      |
| a. <i>A. n. nisosimilis</i> (Tickell)                      | ○  |         | ○       |        |         |         |         |         |         |         |         | -                       | -                       |                           |      | MW   |
| b. <i>A. n. subsp.</i>                                     |    |         |         |        |         |         |         | +       |         |         |         |                         |                         | -                         |      |      |
| 12. 普通鵟 <i>Buteo buteo burmanicus</i> Hume                 | ○  |         |         |        |         |         |         |         |         |         |         | -                       |                         |                           | 古    | W    |
| 13. 金雕 <i>Aquila chrysaetos daphanea</i> Menzbier          | ○  |         |         |        |         | +       |         |         |         |         |         | -                       | -                       | -                         | 古    | R    |
| 14. 兀鹫 <i>Gyps fulvus himalayensis</i> Hume                |    |         |         |        |         |         |         |         |         | -       |         |                         |                         | -                         | 古    | R    |
| 15. 胡兀鹫 <i>Gypaetus barbatus hemachalanus</i><br>(Hutton)  | ○  |         |         |        |         |         |         |         |         | ○       |         | -                       | -                       | -                         | 古    | R    |
| (5) 隼科 Falconidae                                          |    |         |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                         |                         |                           |      |      |
| 16. 游隼 <i>Falco peregrinus peregrinator</i> Sun-<br>devall | ○  |         |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                         |                         |                           | 广    | WM   |

续表 1

| 名                  | 称                                                        | 中甸(上桥头) | 巴塘 | 宁蒗(沽沽湖) | 乡城(柴柯) | 中甸(小中甸) | 巴塘(波戈溪) | 中甸(天宝山) | 稻城(老林口) | 中甸(大雪山) | 理塘(毛垭坝) | 乡城(无名山) | 低山带<br>2400米 / 3100米 | 中山带<br>3100米 / 3500米 | 高山带<br>3500米 / 5000米以上 | 区系从属 | 居留情况 |
|--------------------|----------------------------------------------------------|---------|----|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------|----------------------|------------------------|------|------|
| 17.                | 灰背隼 <i>Falco columbarius insignis</i> (Clark)            |         |    |         |        |         |         |         |         |         | ○       |         |                      |                      | —                      | 古    | W    |
| 18.                | 红隼 <i>Falco tinnunculus</i>                              |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        | 广    |      |
| a.                 | <i>F. t. interstinctus</i> McClelland                    |         | ○  |         |        |         |         |         |         |         | ○       |         | —                    |                      |                        |      | R    |
| b.                 | <i>F. t. saturatus</i> (Blyth)                           | +       |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         | —                    |                      |                        |      | R    |
| c.                 | <i>F. t. subsp.</i>                                      |         |    | —       |        |         |         |         |         |         |         |         | —                    |                      |                        |      |      |
| (6) 雉科 Phasianidae |                                                          |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        |      |      |
| 19.                | 斑尾榛鸡 <i>Tetrastes sewerzowi secunda</i> Riley            |         | ○  |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        | 特    | R    |
| 20.                | 雉 <i>Tetraophasis obscurus szechenyii</i> Madaras        |         | ○  |         |        |         |         |         |         |         | ○       |         | —                    |                      |                        | 特    | R    |
| 21.                | 高原山鹑 <i>Perdix hodgsoniae sifanica</i> Przevalski        |         |    |         |        |         |         |         | —       |         | +       |         |                      |                      | —                      | 喜    | R    |
| 22.                | 鹑 <i>Coturnix coturnix japonica</i> Temminck et Schlegel |         | —  |         |        | +       |         |         |         |         |         |         | —                    |                      |                        | 古    | W    |
| 23.                | 血雉 <i>Ithaginis cruentus geoffroyi</i> J. Verreaux       |         | ○  |         |        | +       | +       |         | +       |         |         |         | —                    |                      |                        | 喜    | R    |
| 24.                | 红腹角雉 <i>Tragopan temminckii</i> (J. E. Gray)             |         |    |         |        | +       |         |         |         |         |         |         |                      |                      | —                      | 东    | R    |

续表 1

| 名                   | 称                                                             | 中甸(上桥头) | 巴塘 | 宁蒗(沽沽湖) | 乡城(柴柯) | 中甸(小中甸) | 巴塘(波戈溪) | 中甸(天宝山) | 稻城(老林口) | 中甸(大雪山) | 理塘(毛垭坝) | 乡城(无名山) | 低山带<br>2400米<br>/<br>3100米 | 中山带<br>3100米<br>/<br>3500米 | 高山带<br>3500米<br>/<br>5000米以上 | 区系从属 | 居留情况 |
|---------------------|---------------------------------------------------------------|---------|----|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|------|------|
| (7) 鹤科 Gruidae      |                                                               |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                            |                            |                              |      |      |
| 25.                 | 藏马鸡 <i>Crossoptilon c. crossoptilon</i> (Hodgson)             |         |    |         |        |         | -       |         | +       |         | ○       |         |                            |                            |                              | 特    | R    |
| 26.                 | 勺鸡 <i>Pucrasia macrolopha meyeri</i> Madarász                 |         | ○  |         |        |         | +       |         |         |         |         |         |                            |                            |                              | 广    | R    |
| 27.                 | 雉鸡 <i>Phasianus colchicus elegans</i> Elliot                  | -       | ○  |         | -      | +       |         |         |         |         |         |         |                            |                            |                              | 古    | R    |
| (8) 鸨科 Charadriidae |                                                               |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                            |                            |                              |      |      |
| 28.                 | 灰鹤 <i>Grus grus lilfordi</i> Sharpe                           |         |    |         |        |         |         |         |         |         | ○       |         |                            |                            |                              | 古    | W    |
| 29.                 | 黑颈鹤 <i>Grus nigricollis</i> (Przewalski)                      |         |    |         |        |         |         |         |         |         | ○       |         |                            |                            |                              | 喜    | MW   |
| (9) 鹬科 Scolopacidae |                                                               |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                            |                            |                              |      |      |
| 30.                 | 凤头麦鸡 <i>Vanellus vanellus</i> (Linnaeus)                      |         | ○  |         |        |         |         |         |         |         |         |         | -                          |                            |                              | 古    | MW   |
| 31.                 | 金鸻 <i>Pluvialis dominica fulva</i> (Gmelin)                   |         |    |         |        |         |         |         |         |         | ○       |         |                            |                            | -                            | 古    | M    |
| 32.                 | 剑鸻 <i>Charadrius hiaticula placidus</i> (J. E. et G. R. Gray) |         | ○  | +       |        |         |         |         |         |         |         |         | -                          |                            |                              | 古    | W    |
| (9) 鹬科 Scolopacidae |                                                               |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                            |                            |                              |      |      |
| 33.                 | 红脚鹬 <i>Tringa totanus totanus</i> (Linnaeus)                  |         |    |         |        |         |         |         |         |         | -       |         |                            |                            | -                            | 古    | M    |

续表 1

| 名                          | 称                                          | 中甸(上桥头) | 巴塘 | 宁蒗泸沽湖 | 乡城(柴柯) | 中甸(小中甸) | 巴塘(波戈溪) | 中甸(天宝山) | 稻城(老林口) | 中甸(大雪山) | 理塘(毛垭坝) | 乡城(无名山) | 低山带<br>2400米 / 3100米 | 中山带<br>3100米 / 5000米 | 高山带<br>3500米 / 5000米以上 | 区系从属 | 居留情况 |
|----------------------------|--------------------------------------------|---------|----|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------|----------------------|------------------------|------|------|
| 34.                        | 白腰草鹑 <i>Triaga ochropus</i> Linnaeus       |         |    |       |        |         |         |         |         |         | ○       |         |                      |                      | —                      | 古    | M    |
| 35.                        | 林鹑 <i>Tringa glareola</i> Linnaeus         |         |    |       |        |         |         |         |         |         | ○       |         |                      |                      | —                      | 古    | M    |
| 36.                        | 矶鹑 <i>Tringa hypoleucos</i> Linnaeus       |         |    | +     |        |         |         |         |         |         |         |         | —                    |                      |                        | 古    | W    |
| 37.                        | 孤沙锥 <i>Capella solitaria</i> (Hodgson)     |         | ○  |       |        |         |         |         |         |         |         |         | —                    |                      |                        | 古    | MW   |
| 38.                        | 针尾沙锥 <i>Capella stenura</i> (Bonaparte)    |         |    |       |        | +       |         |         |         |         |         |         |                      | —                    |                        | 古    | W    |
| 39.                        | 丘鹑 <i>Scolopax rusticola</i> Linnaeus      |         |    |       |        |         |         |         |         |         | ○       |         |                      |                      | —                      | 古    | M    |
| 40.                        | 乌脚滨鹑 <i>Calidris temminckii</i> (Leister)  |         |    |       |        |         |         |         |         |         | +       |         |                      |                      | —                      | 古    | M    |
| (10) 反嘴鹑科 Recurvirostridae |                                            |         |    |       |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        |      |      |
| 41.                        | 鸕嘴鹑 <i>Ibidorhyncha struthersii</i> Vigors |         | ○  |       |        |         |         |         |         |         | ○       |         | —                    |                      | —                      | 古    | R    |
| (11) 燕鹑科 Glareolidae       |                                            |         |    |       |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        |      |      |
| 42.                        | 普通燕鹑 <i>Glareola maldivarum</i> Forster    |         | ○  |       |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        | 广    | M    |
| (12) 鸥科 Laridae            |                                            |         |    |       |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        |      |      |



续表 1

| 名                    | 称                                                       | 中甸(上桥头) | 巴塘 | 宁蒗泸沽湖 | 乡城(柴柯) | 中甸(小中甸) | 巴塘(波戈溪) | 中甸(天宝山) | 稻城(老林口) | 中甸(大雪山) | 理塘(毛垭坝) | 乡城(无名山) | 低山带<br>2400米 / 3100米 | 中山带<br>3100米 / 3500米 | 高山带<br>3500米 / 5000米以上 | 区系从属 | 居留情况 |
|----------------------|---------------------------------------------------------|---------|----|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------|----------------------|------------------------|------|------|
| 43.                  | 鸥 <i>Larus</i> sp.                                      |         |    |       |        |         |         |         |         |         | -       |         |                      |                      | -                      | 古    | M    |
| 44.                  | 红嘴鸥 <i>Larus ridibundus</i> Linnaeus                    |         |    | +     |        |         |         |         |         |         |         |         | -                    |                      |                        | 古    | W    |
| 45.                  | 棕头鸥 <i>Larus brunnicephalus</i> Jerdon                  |         |    | +     |        |         |         |         |         |         |         |         | -                    |                      |                        | 古    | W    |
| 46.                  | 普通燕鸥 <i>Sterna hirundo tibetana</i> Saunder             |         | ○  |       |        |         |         |         |         |         | ○       |         |                      |                      | -                      | 古    | B    |
| (13) 鸫科 Columbidae   |                                                         |         |    |       |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        |      |      |
| 47.                  | 雪鸽 <i>Columba leuconota gradaria</i> Hartert            |         | ○  |       |        |         |         |         |         |         |         |         | -                    |                      | -                      | 喜    | R    |
| 48.                  | 岩鸽 <i>Columba r. rupestris</i> Pallas                   |         | -  |       | +      |         | +       |         | -       |         | ○       |         | -                    |                      | -                      | 古    | R    |
| 49.                  | 点斑林鸽 <i>Columba hodgsonii</i> Vigors                    |         |    |       |        | +       |         |         |         |         |         |         |                      | -                    |                        | 喜    | R    |
| 50.                  | 山斑鸽 <i>Streptopelia o. orientalis</i> (Latham)          |         | +  |       | +      | +       | -       |         |         |         | +       |         | -                    |                      | -                      | 广    | R    |
| 51.                  | 火斑鸽 <i>Oenopopelia tranquebarica humilis</i> (Temminck) |         |    |       |        |         |         |         |         |         | ○       |         |                      |                      | -                      | 广    | R    |
| (14) 鸚鵡科 Psittacidae |                                                         |         |    |       |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        |      |      |
| 52.                  | 灰头鸚鵡 <i>Psittacula himalayana finschii</i> (Hume)       |         |    |       |        | -       |         |         |         |         |         |         |                      | -                    |                        | 东    | R    |

| 名 | 称 | 中甸(上桥头) | 巴塘 | 宁蒗(沽湖) | 乡城(柴柯) | 中甸(小中甸) | 巴塘(波戈溪) | 中甸(天宝山) | 稻城(老林口) | 中甸(大雪山) | 理塘(毛垭坝) | 乡城(无名山) | 低山带<br>2400米<br>/ 3100米 | 中山带<br>3100米<br>/ 3500米 | 高山带<br>3500米<br>/ 5000米以上 | 区系从属 | 居留情况 |
|---|---|---------|----|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|------|------|
|---|---|---------|----|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|------|------|

## (15) 杜鹃科Cuculidae

|     |                                                           |  |   |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |
|-----|-----------------------------------------------------------|--|---|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|---|---|---|
| 53. | 大杜鹃 <i>Cuculus canorus bakeri</i> Hartert                 |  | ○ |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |   | 广 | S |
| 54. | 小杜鹃 <i>Cuculus p. poliocephalus</i> Latham                |  |   |  |  | + |  |  |  |  |  |  |  |  | — | 广 | S |
| 55. | 噪鹃 <i>Eudynamis scolopacea chinensis</i> Cabanis et Heine |  | ○ |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |   | 东 | S |

## (16) 鸱鸃科Strigidae

|     |                                                 |  |   |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |   |   |   |
|-----|-------------------------------------------------|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|---|---|---|
| 56. | 鸱鸃 <i>Bubo bubo tibetanus</i> Bianchi           |  |   |  |  |  |  |  |  |  | ○ |  |  |  | — | 古 | R |
| 57. | 纵纹腹小鸱 <i>Athene noctus ludlowi</i> Stuart Baker |  |   |  |  |  |  |  |  |  | + |  |  |  | — | 广 | R |
| 58. | 长尾林鸱 <i>Strix uralensis davidi</i> (Sharpe)     |  | ○ |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  | — | 古 | R |

## (17) 夜鹰科Caprimulgidae

|     |                                        |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |
|-----|----------------------------------------|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|---|
| 59. | 普通夜鹰 <i>Caprimulgus indicus</i> subsp. |  |  |  |  | — |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 广 | B |
|-----|----------------------------------------|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|---|

## (18) 雨燕科Apodidae

|     |                                                       |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |
|-----|-------------------------------------------------------|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|---|
| 60. | 白喉针尾雨燕 <i>Hirundapus caudacutus nudipes</i> (Hodgson) |  | ○ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 广 | R |
|-----|-------------------------------------------------------|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|---|

续表 1

| 名                   | 称                                                    | 中甸(上桥头) | 巴塘 | 宁蒗沽湖(塘) | 乡城柴柯 | 中甸(小中甸) | 巴塘波戈溪 | 中甸(天宝山) | 稻城老林口 | 中甸(大雪山) | 理塘毛垭坝 | 乡城(无名山) | 低山带2400米 | 中山带3100米 | 高山带3500米 | 区系从属 | 居留情况 |
|---------------------|------------------------------------------------------|---------|----|---------|------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|----------|----------|----------|------|------|
| 61.                 | 白腰雨燕 <i>Apus pacificus kanoi</i> (Yamashina)         |         | ○  |         |      |         |       |         |       |         |       |         | 3100米    | 3500米    | 5000米以上  | 古    | S    |
| (19) 翠鸟科Alcedinidae |                                                      |         |    |         |      |         |       |         |       |         |       |         |          |          |          |      |      |
| 62.                 | 普通翠鸟 <i>Alcedo atthis bengalensis</i> Gmelin         |         |    | -       |      |         |       |         |       |         |       |         | -        |          |          | 广    | M    |
| (20) 戴胜科Upupidae    |                                                      |         |    |         |      |         |       |         |       |         |       |         |          |          |          |      |      |
| 63.                 | 戴胜 <i>Upupa epops saturata</i> Lönnerberg            |         | +  |         | +    |         |       |         |       |         |       |         | -        |          |          | 广    | R    |
| (21) 啄木鸟科Picidae    |                                                      |         |    |         |      |         |       |         |       |         |       |         |          |          |          |      |      |
| 64.                 | 蚁鵙 <i>Jynx torquilla chinensis</i> Hesse             |         |    |         | +    |         |       |         |       |         |       |         | -        |          |          | 古    | MW   |
| 65.                 | 姬啄木鸟 <i>Picumnus innominatus chinensis</i> (Hargitt) |         |    |         |      | -       |       |         |       |         |       |         |          | -        |          | 东    | R    |
| 66.                 | 黑枕绿啄木鸟 <i>Picus canus sordidior</i> (Rippon)         |         |    |         |      | +       |       |         | +     |         |       |         |          | -        |          | 广    | R    |
| 67.                 | 黑啄木鸟 <i>Dryocopus martius khamensis</i> (Buturlin)   |         | ○  |         |      |         |       |         |       |         |       |         | -        |          |          | 古    | R    |
| 68.                 | 斑啄木鸟 <i>Dendrocopos major stresemanni</i> (Rensch)   |         | ○  |         |      | ○       |       |         |       |         |       | ○       |          | -        |          | 古    | R    |
| 69.                 | 棕腹啄木鸟 <i>Dendrocopos h. hyperythrus</i> (Vigors)     |         | ○  |         |      | +       |       |         |       |         |       |         | -        |          |          | 广    | R    |

续表 1

| 名                   | 称                                                         | 中甸(上桥头) | 巴塘 | 宁蒗(泸沽湖) | 乡城(柴柯) | 中甸(小中甸) | 巴塘(波戈溪) | 中甸(天宝山) | 稻城(老林口) | 中甸(大雪山) | 理塘(毛垭坝) | 乡城(无名山) | 低山带<br>2400米 / 3100米 | 中山带<br>3100米 / 3500米 | 高山带<br>3500米 / 5000米以上 | 区系从属 | 居留情况 |
|---------------------|-----------------------------------------------------------|---------|----|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------|----------------------|------------------------|------|------|
| 70.                 | 三趾啄木鸟<br><i>Picoides tridactylus funebris</i><br>Verreaux |         | ○  |         |        |         |         |         |         |         | ○       |         |                      |                      |                        | 古    | R    |
| (22) 百灵科Alaudidae   |                                                           |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        |      |      |
| 71.                 | 长嘴百灵<br><i>Melanocorypha m. maxima</i> Blyth              |         |    |         |        |         |         |         |         |         | ○       |         |                      |                      | —                      | 古    | R    |
| 72.                 | 小云雀<br><i>Alauda gulgula inopinata</i> Bianchi            |         | ○  | +       |        | +       |         |         |         | +       | +       |         | —                    |                      |                        | 广    | B    |
| 73.                 | 角百灵<br><i>Eremophila alpestris khamensis</i><br>(Bianchi) |         |    |         |        |         |         |         | +       |         | +       | +       |                      |                      | —                      | 古    | R    |
| (23) 燕科Hirundinidae |                                                           |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        |      |      |
| 74.                 | 岩燕<br><i>Ptylonoprogne r. rupestris</i> (Scopoli)         |         | ○  |         | -      |         |         |         |         |         |         |         | —                    |                      |                        | 古    | RS   |
| 75.                 | 金腰燕<br><i>Hirundo daurica gephrya</i> Meise               |         | ○  |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        | 广    | S    |
| 76.                 | 毛脚燕<br><i>Delichon urbica cashmeriensis</i> (Gould)       |         | ○  |         |        |         |         |         | +       |         |         |         |                      |                      | —                      | 广    | B    |
| (24) 鸫科Motacillidae |                                                           |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        |      |      |
| 77.                 | 黄鹌鸫<br><i>Motacilla flava</i>                             |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        | 古    |      |
|                     | <i>a. M. f. subsp.</i>                                    |         |    |         | +      |         |         |         | +       |         |         |         | —                    |                      |                        |      | M    |

续表 1

| 名                                                          | 称 | 中甸(上桥头) | 巴塘 | 宁蒗(泸沽湖) | 乡城(柴柯) | 中甸(小中甸) | 巴塘(波戈溪) | 中甸(天宝山) | 稻城(老林口) | 中甸(大雪山) | 理塘(毛垭坝) | 乡城(无名山) | 低山带<br>2400米 / 3100米 | 中山带<br>3100米 / 3500米 | 高山带<br>3500米 / 5000米以上 | 区系从属 | 居留情况 |
|------------------------------------------------------------|---|---------|----|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------|----------------------|------------------------|------|------|
| b. <i>M. f. taiwana</i> (Swinhoe)                          |   |         | ○  |         |        |         |         |         |         |         |         |         | —                    |                      |                        |      | M    |
| 78. 黄头鹌鹑 <i>Motacilla citreola calcarata</i> (Hodgson)     |   |         |    |         |        |         |         |         |         |         | +       |         |                      | —                    |                        | 古    | B    |
| 79. 灰鹌鹑 <i>Motacilla cinerea robusta</i> (Brehm)           |   |         |    | +       |        |         |         |         | +       |         | +       |         | —                    | —                    |                        | 古    | M    |
| 80. 白鹌鹑 <i>Motacilla alba</i>                              |   |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        | 古    |      |
| a. <i>M. a. alboides</i> Hodgson                           |   | +       | +  | +       | +      | +       | +       |         |         |         | ○       |         | —                    | —                    |                        |      | R    |
| b. <i>M. a. baicalensis</i> Swinhoe                        |   |         | +  |         | +      |         |         |         |         |         |         |         | —                    |                      |                        |      | M    |
| c. <i>M. a. leucopsis</i> Gould                            |   |         |    |         |        |         |         |         |         |         | ○       |         | —                    | —                    |                        |      | M    |
| 81. 平原鹌鹑 <i>Anthus campestris godlewskii</i> (Taczanowski) |   | ○       |    |         |        |         |         |         |         |         | +       |         |                      | —                    |                        | 古    | M    |
| 82. 树鹌 <i>Anthus hodgsoni</i>                              |   |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        | 古    |      |
| a. <i>A. h. yunnanensis</i> Uchida et Kuroda               |   | +       |    |         |        |         |         |         | +       |         |         |         | —                    | —                    |                        |      | W    |
| b. <i>A. h. hodgsoni</i> Richmond                          |   |         | ○  |         |        | +       |         |         |         |         | ○       |         | —                    | —                    |                        |      | B    |
| 83. 粉红胸鹌 <i>Anthus roseatus</i> Blyth                      |   |         |    | +       |        |         |         |         |         |         | +       |         | —                    | —                    |                        | 古    | R    |

续表 1

| 名 称                                                         | 中甸(上桥头) | 巴塘 | 宁蒗(沽沽湖) | 乡城(柴柯) | 中甸(小中甸) | 巴塘(波戈溪) | 中甸(天宝山) | 稻城(老林口) | 中甸(大雪山) | 理塘(毛垭坝) | 乡城(无名山) | 低山带<br>2400米 | 中山带<br>3100米 | 高山带<br>3500米 | 区系从属 | 居留情况 |
|-------------------------------------------------------------|---------|----|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------|--------------|--------------|------|------|
| 84. 水鹩 <i>Anthus spinoletta coutellii</i> Audouin           |         | ○  |         |        |         |         |         |         |         |         |         | —            |              |              | 古    | M    |
| (25) 山椒鸟科 Campephagidae                                     |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |              |              |              |      |      |
| 85. 长尾山椒鸟 <i>Pericrocotus e. ethologus</i> Bangs et Philips | +       |    |         |        | +       | +       |         |         |         |         |         | —            | —            |              | 东    | M    |
| (26) 鹎科 Pycnonotidae                                        |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |              |              |              |      |      |
| 86. 黄臀鹎 <i>Pycnonotus x. xanthorrhous</i> Anderson          | +       | ○  | +       | +      |         |         |         |         |         |         |         | —            |              |              | 东    | R    |
| 87. 黑鹎 <i>Hypsipetes madagascariensis</i>                   |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |              |              |              | 东    |      |
| a. <i>H. m. concolor</i> Blyth                              | +       |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         | —            |              |              |      | S    |
| b. <i>H. m. sinensis</i> (La Touche)                        |         |    |         |        | ○       |         |         |         |         |         |         |              | —            |              |      | B    |
| (27) 伯劳科 Laniidae                                           |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |              |              |              |      |      |
| 88. 灰背伯劳 <i>Lanius t. tephronotus</i> (Vigors)              |         | +  |         | +      | +       | +       |         | +       |         | —       |         |              |              |              | 喜    | R    |
| 89. 楔尾伯劳 <i>Lanius sphenocercus giganteus</i> Przevalski    |         | ○  |         |        |         |         |         |         |         |         | +       |              |              |              | 古    | S    |
| (28) 鸦科 Corvidae                                            |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |              |              |              |      |      |

续表 1

| 名   | 称                                                                       | 中甸(上桥头) | 巴塘 | 宁蒗(泸沽湖) | 乡城(柴柯) | 中甸(小中甸) | 巴塘(波戈溪) | 中甸(天宝山) | 稻城(老林口) | 中甸(大雪山) | 理塘(毛垭坝) | 乡城(无名山) | 低山带<br>2400米<br>/ 3100米 | 中山带<br>3100米<br>/ 3500米 | 高山带<br>3500米<br>/ 5000米以上 | 区系从属 | 居留情况 |
|-----|-------------------------------------------------------------------------|---------|----|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|------|------|
| 90. | 松鸦 <i>Garrulus glandarius sinensis</i> Swinhoe                          |         | ○  |         |        |         |         |         |         |         |         |         | —                       |                         |                           | 古    | R    |
| 91. | 红嘴蓝鹊 <i>Cissa eruthrorhyncha alticola</i> (Birckhead)                   | +       |    | +       |        |         |         |         |         |         |         |         | —                       |                         |                           | 广    | R    |
| 92. | 喜鹊 <i>Pica pica</i>                                                     |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                         |                         |                           | 古    |      |
|     | a. <i>P. p. bottanensis</i> Delessert                                   |         | ○  |         | —      |         |         |         | +       |         | —       |         | —                       |                         |                           |      | R    |
|     | b. <i>P. p. sericea</i> Gould                                           |         |    | +       |        |         |         |         |         |         |         |         | —                       |                         |                           |      | R    |
| 93. | 褐背拟地鸦 <i>Pseudopodoces humilis</i> Hume                                 |         |    |         |        |         |         |         |         |         | +       |         |                         |                         | —                         | 喜    | R    |
| 94. | 星鸦 <i>Nucifraga caryocatactes macella Thayer et Bangs</i>               | +       |    | —       |        | +       |         |         |         |         |         |         | —                       |                         |                           | 古    | R    |
| 95. | 红嘴山鸦 <i>Pyrhocorax pyrrhocorax hamayanus</i> (Gould)                    |         |    |         | —      | +       | —       |         | +       |         | —       |         | —                       |                         |                           | 古    | R    |
| 96. | 黄嘴山鸦 <i>Pyrhocorax graculus digitatus</i> Hemprich et Ehrenberg         |         | ○  |         |        |         |         |         |         |         | ○       |         | —                       |                         |                           | 古    | R    |
| 97. | 寒鸦 <i>Corvus monedula dauuricus</i> Pallas                              |         | ○  | +       | —      | —       |         |         | —       |         | ○       |         | —                       |                         |                           | 古    | R    |
| 98. | 大嘴乌鸦 <i>Corvus macrorhynchus tibetosinensis</i> Kleinschmidt et weigold |         | ○  |         |        | +       | +       |         |         |         |         |         | —                       |                         |                           | 广    | R    |
| 99. | 小嘴乌鸦 <i>Corvus corone orientalis</i> Eversmann                          |         | ○  |         | +      | +       |         |         |         |         |         |         | —                       |                         |                           | 广    | M    |

续表 1

| 名                     | 称                                               | 中甸(上桥头) | 巴塘 | 宁蒗泸沽湖 | 乡城(柴柯) | 中甸(小中甸) | 巴塘(波戈溪) | 中甸(天宝山) | 稻城(老林口) | 中甸(大雪山) | 理塘(毛垭坝) | 乡城(无名山) | 低山带<br>2400米<br>/ 3100米 | 中山带<br>3100米<br>/ 3500米 | 高山带<br>3500米<br>/ 5000米以上 | 区系从属 | 居留情况 |
|-----------------------|-------------------------------------------------|---------|----|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|------|------|
| 100.                  | 渡鸦 <i>Corvus corax tibetanus</i> Hodgson        |         | ○  |       |        |         |         |         |         | -       | +       |         | -                       | -                       | -                         | 古    | R    |
| (29) 河乌科Cinclidae     |                                                 |         |    |       |        |         |         |         |         |         |         |         |                         |                         |                           |      |      |
| 101.                  | 河乌 <i>Cinclus cinclus przewalskii</i> Bianchi   |         | ○  |       |        |         |         |         |         |         |         |         | -                       |                         |                           | 古    | R    |
| 102.                  | 褐河乌 <i>Cinclus pallasii dorjei</i> ** Kinnear   | -       | +  |       | -      |         | +       |         | -       |         |         |         | -                       | -                       | -                         | 广    | R    |
| (30) 鹡鹑科Troglodytidae |                                                 |         |    |       |        |         |         |         |         |         |         |         |                         |                         |                           |      |      |
| 103.                  | 鹡鹑 <i>Troglodytes troglodytes</i>               |         |    |       |        |         |         |         |         |         |         |         |                         |                         |                           | 古    |      |
|                       | a. <i>T. t. nipalensis</i> Blyth                |         |    |       |        |         |         |         |         | +       |         |         |                         |                         | -                         |      | R    |
|                       | b. <i>T. t. szetschuanus</i> Hartert            |         | ○  |       |        |         |         |         |         |         |         |         | -                       |                         | -                         |      | R    |
|                       | c. <i>T. t. talifuensis</i> (Sharpe)            | +       |    | -     |        | +       |         |         |         |         |         |         | -                       | -                       | -                         |      | R    |
| (31) 岩鹡科Prunellidae   |                                                 |         |    |       |        |         |         |         |         |         |         |         |                         |                         |                           |      |      |
| 104.                  | 领岩鹡 <i>Prunella collaris nipalensis</i> (Blyth) |         | ○  |       |        |         |         |         |         |         |         |         |                         |                         |                           | 古    | R    |

\*\* 巴塘标本原记录为指名亚种 (郑作新, 1976)



续表 1

| 名                    | 称                                                                  | 中甸(上桥头) | 巴塘 | 宁蒗沽湖 | 乡城(柴柯) | 中甸(小中甸) | 巴塘(波戈溪) | 中甸(天宝山) | 稻城(老林口) | 中甸(大雪山) | 理塘(毛垭坝) | 乡城(无名山) | 低山带<br>2400米<br>/ 3100米 | 中山带<br>3100米<br>/ 3500米 | 高山带<br>3500米<br>/ 5000米以上 | 区系从属 | 居留情况 |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------|---------|----|------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|------|------|
| 105.                 | 褐岩鹀 <i>Prunella r. rubeculoides</i> (Horsfield)<br><i>et Moore</i> |         | ○  |      |        |         |         |         |         |         | +       |         | —                       | —                       | —                         | 喜    | R    |
| 106.                 | 棕胸岩鹀 <i>Prunella s. strophiatea</i> (Blyth)                        | +       | ○  | +    |        |         |         |         |         | +       |         |         | —                       | —                       | —                         | 喜    | R    |
| 107.                 | 褐岩鹀 <i>Prunella fulvescens nanshanica</i> Sus-<br>hkin             |         | ○  |      |        |         |         |         |         |         | +       |         | —                       | —                       | —                         | 古    | R    |
| 108.                 | 褐红背岩鹀 <i>Prunella immaculata</i> (Hodgson)                         |         |    |      |        |         |         |         |         | +       |         |         | —                       | —                       | —                         | 古    | W    |
| (32) 鹀科 Muscicapidae |                                                                    |         |    |      |        |         |         |         |         |         |         |         |                         |                         |                           |      |      |
| 鹀亚科 Turdinae         |                                                                    |         |    |      |        |         |         |         |         |         |         |         |                         |                         |                           |      |      |
| 109.                 | 黑胸歌鹀 <i>Luscinia pectoralis tschebaiewi</i><br>(Przevalski)        |         |    |      |        |         | +       |         | +       | +       |         |         |                         | —                       | —                         | 喜    | B    |
| 110.                 | 栗腹歌鹀 <i>Luscinia brunnea</i> (Hodgson)                             |         |    |      |        | ○       |         |         |         |         |         |         |                         | —                       |                           | 喜    | B    |
| 111.                 | 红胁蓝尾鸲 <i>Tarsiger cyanurus rufilatus</i> (Hodgson)                 | +       | ○  |      |        | +       |         |         | +       | +       | +       |         | —                       | —                       | —                         | 古    | B    |
| 112.                 | 金色林鸲 <i>Tarsiger c. chrysaeus</i> Hodgson                          |         |    |      |        |         |         |         |         | +       |         |         |                         |                         | —                         | 喜    | B    |
| 113.                 | 赭红尾鸲 <i>Phoenicurus ochruros rufiventris</i><br>(Vieillot)         |         | +  |      |        |         |         |         |         | +       | +       |         | —                       | —                       | —                         | 古    | R    |
| 114.                 | 黑喉红尾鸲 <i>Phoenicurus hodgsoni</i> (Moore)                          | +       |    | +    |        |         |         |         | +       |         |         |         | —                       | —                       | —                         | 喜    | R    |

续表 1

| 名    | 称                                                             | 中甸(上桥头) | 巴塘 | 宁蒗(泸沽湖) | 乡城(柴河) | 中甸(小中甸) | 巴塘(波戈溪) | 中甸(天宝山) | 稻城(老林口) | 中甸(大雪山) | 理塘(毛垭坝) | 乡城(无名山) | 低山带<br>2400米 / 3100米 | 中山带<br>3100米 / 3500米 | 高山带<br>3500米 / 5000米以上 | 区系从属 | 居留情况 |
|------|---------------------------------------------------------------|---------|----|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------|----------------------|------------------------|------|------|
| 115. | 蓝颊红尾鸲 <i>Phoenicurus frontalis</i> Vigors                     | +       | ○  | +       |        |         | +       |         | +       |         | ○       |         | —                    | —                    | —                      | 喜    | R    |
| 116. | 白喉红尾鸲 <i>Phoenicurus schisticeps</i> (G. R. Gray)             |         | ○  |         |        |         |         |         | +       |         | ○       |         | —                    | —                    | —                      | 喜    | R    |
| 117. | 北红尾鸲 <i>Phoenicurus aureus leucopterus</i> Blyth              | +       | -  |         |        | +       | +       |         |         |         |         |         | —                    | —                    | —                      | 古    | B    |
| 118. | 红腹红尾鸲 <i>Phoenicurus erythrogaster grandis</i> (Gould)        |         | ○  |         |        |         |         |         |         |         | ○       |         | —                    | —                    | —                      | 古    | M    |
| 119. | 红尾水鸲 <i>Rhyacornis f. fuliginosus</i> (Vigors)                | +       | -  |         | +      |         | -       |         |         |         |         |         | —                    | —                    | —                      | 广    | R    |
| 120. | 短翅鸲 <i>Hodgsonius phoenicuroides ichangensis</i> Stuart Baker |         |    |         |        | +       | +       |         |         |         |         |         | —                    | —                    | —                      | 喜    | R    |
| 121. | 蓝大翅鸲 <i>Grandala coelicolor</i> Hodgson                       |         | ○  |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        | 喜    | S    |
| 122. | 小燕尾 <i>Enicurus scouleri</i> Vigors                           | +       |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         | —                    |                      |                        | 广    | R    |
| 123. | 黑喉石鸲 <i>Saxicola torquata przewalskii</i> (Pleske)            |         | ○  | +       | -      | +       |         |         |         |         | +       |         | —                    | —                    | —                      | 广    | RS   |
| 124. | 白顶溪鸲 <i>Chaimarrornis leucocephalus</i> (Vigors)              | +       |    |         |        | +       | +       |         | +       |         | +       |         | —                    | —                    | —                      | 广    | R    |
| 125. | 蓝矶鸫 <i>Monticola solitaria</i>                                |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        | 古    |      |
|      | a. <i>M. s. pandoo</i> (Sykes)                                |         | ○  |         |        |         |         |         |         |         | —       |         |                      |                      | —                      |      | R    |

续表 1

| 名                                     | 称                                           | 中甸(上桥头) | 巴塘 | 宁蒗泸沽湖 | 乡城(柴柯) | 中甸(小中甸) | 巴塘(波戈溪) | 中甸(天宝山) | 稻城(老林口) | 中甸(大雪山) | 理塘(毛垭坝) | 乡城(无名山) | 低山带<br>2400米 / 3100米 | 中山带<br>3100米 / 3500米 | 高山带<br>3500米 / 5000米以上 | 区系从属 | 居留情况 |
|---------------------------------------|---------------------------------------------|---------|----|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------|----------------------|------------------------|------|------|
| b. <i>M. s. philippensis</i> (Müller) |                                             |         | +  |       | +      |         |         |         |         |         |         |         | —                    |                      |                        |      | W    |
| 126. 紫哨鹀<br>Hume                      | <i>Myiophonus caeruleus eugenei</i>         | +       | -  |       |        |         | +       |         |         |         |         |         | —                    |                      |                        | 广    | B    |
| 127. 长尾地鹀                             | <i>Zoothera dixonii</i> (Seeböhm)           | +       |    |       |        |         |         |         |         | +       | ○       |         | —                    |                      |                        | 喜    | B    |
| 128. 灰头鹀<br>aux)                      | <i>Turdus rubrocanus gouldii</i> (Verreaux) |         | ○  |       |        | +       |         |         |         |         | ○       |         | —                    |                      |                        | 喜    | R    |
| 129. 棕背鹀                              | <i>Turdus kessleri</i> Przevalskii          |         | ○  |       |        | ○       |         |         |         |         | +       |         | —                    |                      |                        | 特    | R    |
| 130. 赤颈鹀                              | <i>Turdus c. ruficollis</i> Pallas          |         | ○  | +     |        |         |         |         |         |         |         |         | —                    |                      |                        | 古    | MW   |
| 131. 斑鹀                               | <i>Turdus naumanni eunomus</i> Temminck     |         | ○  |       |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      | —                      | 古    | W    |
| 132. 宝兴歌鹀                             | <i>Turdus mupinensis</i> Laubmann           |         |    |       |        | ○       |         |         |         |         |         |         | —                    |                      |                        | 特    | R    |
| 画眉亚科Timaliinae                        |                                             |         |    |       |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        |      |      |
| 133. 锈脸钩嘴鹀                            | <i>Pomatorhinus erythrogenys</i>            |         |    |       |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        | 东    |      |
| a. <i>P. e. dedekeni</i>              | <i>Oustalet</i>                             | -       |    |       | +      |         | +       |         |         |         |         |         | —                    |                      |                        |      | R    |
| b. <i>P. e. decarlei</i>              | <i>Doignan</i>                              | -       |    |       |        |         |         |         |         |         |         |         | —                    |                      |                        |      | R    |

续表 1

| 名                      | 称                                                        | 中甸(上桥头) | 巴塘 | 宁蒗沽湖) | 乡城柴柯) | 中甸(小中甸) | 巴塘(波戈溪) | 中甸(天宝山) | 稻城(老林口) | 中甸(大雪山) | 理塘毛垭坝) | 乡城(无名山) | 低山带<br>2400米 /<br>3100米 | 中山带<br>3100米 /<br>3500米 | 高山带<br>3500米 /<br>5000米以上 | 区系从属 | 居留情况 |
|------------------------|----------------------------------------------------------|---------|----|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|------|------|
| c. <i>P. e.</i> subsp. |                                                          |         |    | -     |       |         |         |         |         |         |        |         | -                       |                         |                           |      |      |
| 134.                   | 宝兴麝 <i>Moschus moschiferus</i> (Verreaux)                |         |    |       | +     |         |         |         |         |         |        |         |                         | -                       |                           | 特    | R    |
| 135.                   | 矛纹草麝 <i>Babax l. lanceolatus</i> (Verreaux)              |         | ○  |       | +     | +       |         |         |         |         |        |         |                         | -                       |                           | 东    | R    |
| 136.                   | 花背麝 <i>Garrulax maximus</i> (Verreaux)                   | +       | ○  |       | +     | +       | +       |         | +       |         |        |         |                         | -                       |                           | 特    | R    |
| 137.                   | 白颊噪鹛 <i>Garrulax sannio</i> subsp.                       | -       |    |       |       |         |         |         |         |         |        |         | -                       |                         |                           | 东    | R    |
| 138.                   | 橙翅噪鹛 <i>Garrulax e. ellioti</i> (Verreaux)               | +       | ○  | +     | +     | +       | +       |         | +       |         | -      |         |                         | -                       |                           | 特    | R    |
| 139.                   | 黑顶噪鹛 <i>Garrulax affinis muliensis</i> Rand              |         |    |       |       | ○       |         |         |         |         |        |         |                         | -                       |                           | 喜    | R    |
| 140.                   | 红嘴相思鸟 <i>Leiothrix lutea yunnanensis</i> Rothschild      | -       |    |       |       |         |         |         |         |         |        |         | -                       |                         |                           | 东    | R    |
| 141.                   | 淡绿鹇 <i>Pteruthius xanthochlorus pallidus</i> (David)     |         | ○  |       |       |         |         |         |         |         |        |         |                         |                         |                           | 东    | R    |
| 142.                   | 白眉雀鹇 <i>Alcippe vinipectus bieti</i> Oustalet            | +       | ○  | -     |       | +       |         |         |         |         |        |         |                         | -                       |                           | 喜    | R    |
| 143.                   | 高山雀鹇 <i>Alcippe straticollis</i> (Verreaux)              |         | ○  |       |       |         |         |         |         | +       |        |         |                         | -                       |                           | 特    | R    |
| 144.                   | 鹧鸪 <i>Heterophasia melanoleuca desgodinsi</i> (Oustalet) | +       |    | +     |       |         |         |         |         |         |        |         |                         | -                       |                           | 东    | R    |

续表 1

| 名                         | 称                                                     | 中甸(上桥头) | 巴塘 | 宁蒗(泸沽湖) | 乡城(柴柯) | 中甸(小中甸) | 巴塘(波戈溪) | 中甸(天宝山) | 稻城(老林口) | 中甸(大雪山) | 理塘(毛垭坝) | 乡城(无名山) | 低山带<br>2400米 / 3100米 | 中山带<br>3100米 / 3500米 | 高山带<br>3500米 / 5000米以上 | 区系从属 | 居留情况 |
|---------------------------|-------------------------------------------------------|---------|----|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------|----------------------|------------------------|------|------|
| 145.                      | 白颈凤鸮 <i>Yuhina diademata Verreaux</i>                 | +       |    | +       |        | +       |         |         |         |         |         |         | —                    | —                    |                        | 东    | R    |
| 146.                      | 棕肛凤鸮 <i>Yuhina occipitalis obscurior</i> (Rothschild) |         |    |         |        | +       |         |         |         |         |         |         |                      | —                    |                        | 喜    | R    |
| 147.                      | 褐鸦雀 <i>Paradoxornis unicolor</i> (Hodgson)            |         |    |         |        | +       |         |         |         |         |         |         |                      | —                    |                        | 喜    | R    |
| 鸲亚科 <i>Sylviinae</i>      |                                                       |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        |      |      |
| 148.                      | 棕顶树莺 <i>Cettia b. brunnifrons</i> (Hodgson)           |         |    |         |        |         |         | +       |         |         |         |         |                      |                      | —                      | 喜    | B    |
| 149.                      | 黄腹柳莺 <i>Phylloscopus affinis</i> (Tickell)            | +       | +  | +       |        |         | +       |         | +       |         | ○       |         | —                    | —                    | —                      | 古    | B    |
| 150.                      | 棕腹柳莺 <i>Phylloscopus s. subaffinis</i> Ogilvie-Grant  |         |    |         |        | +       |         |         |         |         |         |         |                      | —                    |                        | 广    | B    |
| 151.                      | 褐柳莺 <i>Phylloscopus fuscatus</i>                      |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        | 古    |      |
| a. <i>P. f. tibetanus</i> | Ticehurst                                             |         | +  |         | +      | +       |         |         | +       |         |         |         | —                    | —                    | —                      |      | M    |
| b. <i>P. f. fuscatus</i>  | (Blyth)                                               |         | +  |         | +      |         |         |         | +       |         | ○       |         | —                    | —                    | —                      |      | M    |
| 152.                      | 棕眉柳莺 <i>Phylloscopus a. perplexus</i> Ticehurst       | +       | +  |         | +      | +       | +       |         | +       |         |         |         | —                    | —                    | —                      | 古    | B    |
| 153.                      | 橙斑翅柳莺 <i>Phylloscopus p. pulcher</i> Blyth            |         |    |         |        | +       | +       | +       | +       | +       | ○       |         |                      | —                    | —                      | 喜    | B    |

续表 1

| 名    | 称                                                            | 中甸(上桥头) | 巴塘 | 宁蒗沽沽湖 | 乡城(柴柯) | 中甸(小中甸) | 巴塘(波戈溪) | 中甸(天宝山) | 稻城(老林口) | 中甸(大雪山) | 理塘(毛垭坝) | 乡城(无名山) | 低山带<br>2400米 / 3100米 | 中山带<br>3100米 / 3500米 | 高山带<br>3500米 / 5000米以上 | 区系从属 | 居留情况 |
|------|--------------------------------------------------------------|---------|----|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------|----------------------|------------------------|------|------|
| 154. | 黄眉柳莺 <i>Phylloscopus inornatus</i>                           |         |    |       |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        | 古    |      |
|      | a. <i>P. i. inornatus</i> (Blyth)                            | +       |    |       |        |         |         |         |         |         |         |         | —                    |                      |                        |      | W    |
|      | b. <i>P. i. mandellii</i> (Brooks)                           |         | +  |       |        |         | +       |         | +       |         | +       |         | —                    | —                    | —                      |      | B    |
| 155. | 黄腰柳莺 <i>Phylloscopus proregulus chloronotus</i> (G. R. Gray) | +       | +  |       |        |         |         |         |         | +       |         |         | —                    | —                    | —                      | 古    | W    |
| 156. | 乌嘴柳莺 <i>Phylloscopus magnirostris</i> Blyth                  |         |    |       |        | ○       |         |         |         |         |         |         | —                    |                      |                        | 喜    | B    |
| 157. | 暗绿柳莺 <i>Phylloscopus trochiloides</i>                        |         |    |       |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        | 古    |      |
|      | a. <i>P. t. plumbeitarsus</i> Swinhoe                        |         | +  |       |        | +       |         |         |         |         |         |         | —                    | —                    |                        |      | M    |
|      | b. <i>P. t. obscuratus</i> Stresemann                        |         |    |       | +      | +       |         |         | +       | +       |         |         | —                    | —                    | —                      |      | W    |
|      | c. <i>P. t. trochiloides</i> (Sundevall)                     |         | ○  |       |        |         |         |         |         | +       |         |         |                      |                      | —                      |      | B    |
| 158. | 冠纹柳莺 <i>Phylloscopus reguloides claudiae</i> (La Touche)     |         | +  |       |        |         |         |         |         |         | ○       |         | —                    | —                    | —                      | 东    | B    |
| 159. | 代菊 <i>Regulus regulus yunnanensis</i> Rippon                 |         | ○  |       |        |         |         |         |         |         | ○       |         | —                    | —                    | —                      | 古    | R    |
| 160. | 金眶鸫 <i>Seicercus burkii tephrocephalus</i> (Anderson)        |         |    |       |        | +       |         |         |         |         |         |         | —                    |                      |                        | 东    | B    |

续表 1

| 名                | 称                                                       | 中甸(上桥头) | 巴塘 | 宁蒗(泸沽湖) | 乡城(柴柯) | 中甸(小中甸) | 巴塘(波戈溪) | 中甸(天宝山) | 稻城(老林口) | 中甸(大雪山) | 理塘(毛垭坝) | 乡城(无名山) | 低山带<br>2400米 / 3100米 | 中山带<br>3100米 / 3500米 | 高山带<br>3500米 / 5000米以上 | 区系从属 | 居留情况 |
|------------------|---------------------------------------------------------|---------|----|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------|----------------------|------------------------|------|------|
| 161.             | 花彩雀鹛 <i>Leptopoeile sophiae obscura</i> Przevalski      |         | ○  |         |        |         |         |         |         |         | ○       |         |                      |                      | —                      | 喜    | B    |
| 162.             | 凤头雀鹛 <i>Lophobasilus elegans</i> (Przevalski)           |         |    |         |        |         |         |         | +       |         |         |         |                      |                      | —                      | 特    | R    |
| 163.             | 纹背山鹧鸪 <i>Prinia polychroa catharia Reichenow</i>        |         | ○  |         |        |         |         |         |         |         |         | —       |                      |                      |                        | 东    | R    |
| 鹑亚科 Muscipapinae |                                                         |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        |      |      |
| 164.             | 红喉鹇 <i>Ficedula parva albicilla</i> (Pallas)            |         | ○  |         |        |         | +       |         | +       |         | ○       |         |                      | —                    |                        | 古    | M    |
| 165.             | 橙胸姬鹇 <i>Ficedula s. strophitata</i> (Hodgson)           |         |    |         |        | +       |         |         |         |         |         |         |                      | —                    |                        | 广    | S    |
| 166.             | 锈胸蓝鹇 <i>Ficedula hodgsonii</i> (Verreaux)               |         | ○  |         |        | +       |         |         |         |         |         |         |                      | —                    |                        | 喜    | S    |
| 167.             | 灰蓝鹇 <i>Ficedula tricolor</i>                            |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        | 喜    |      |
|                  | a. <i>F. t. tricolor</i> (Hodgson)                      | +       |    |         |        | +       |         |         |         |         |         |         | —                    |                      |                        |      | R    |
|                  | b. <i>F. t. diversa</i> Vaurie                          |         |    |         |        |         | +       |         |         |         |         |         |                      | —                    |                        |      | B    |
| 168.             | 乌鹇 <i>Muscicapa sibirica rothschildi</i> (Stuart Baker) |         | ○  |         |        | +       |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        | 古    | S    |
| 169.             | 黄腹扇尾鹇 <i>Rhipidura hypoxantha</i> Blyth                 |         |    |         |        | +       |         |         |         |         |         |         |                      |                      | —                      | 喜    | R    |

续表 1

| 名               | 称                                                         | 中甸(上桥头) | 巴塘 | 宁蒗沽沽湖 | 乡城(柴柯) | 中甸(小中甸) | 巴塘(波戈溪) | 中甸(天宝山) | 稻城(老林口) | 中甸(大雪山) | 理塘(毛垭坝) | 乡城(无名山) | 低山带<br>2400米<br>/ 3100米 | 中山带<br>3100米<br>/ 3500米 | 高山带<br>3500米<br>/ 5000米以上 | 区系从属 | 居留情况 |
|-----------------|-----------------------------------------------------------|---------|----|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|------|------|
| (33) 山雀科Paridae |                                                           |         |    |       |        |         |         |         |         |         |         |         |                         |                         |                           |      |      |
| 170.            | 大山雀 <i>Parus major</i>                                    |         |    |       |        |         |         |         |         |         |         |         |                         |                         |                           | 广    |      |
|                 | a. <i>P. m. tibetanus</i> Hartert                         | ○       |    |       |        |         |         |         |         |         | ○       |         | —                       | —                       |                           |      | R    |
|                 | b. <i>P. m. subtibetanus</i> Kleinschmidt et Weigold      | -       | +  | +     |        | +       | +       |         |         |         |         |         | —                       |                         |                           |      | R    |
| 171.            | 绿背山雀 <i>Parus monticolus yunnanensis</i> La Touche        | +       |    | -     |        | +       |         |         |         |         |         |         | —                       |                         |                           | 东    | R    |
| 172.            | 煤山雀 <i>Parus ater aemodius</i> Hodgson                    |         |    |       |        | ○       |         |         |         | +       |         |         | —                       |                         |                           | 古    | R    |
| 173.            | 黑冠山雀 <i>Parus rubidiventris beavani</i> (Jordan)          | ○       |    |       |        | +       |         | +       | +       | +       | ○       |         | —                       |                         |                           | 喜    | R    |
| 174.            | 褐冠山雀 <i>Parus dichrous wellsi</i> Stuart Baker            | ○       |    |       |        | +       |         | +       |         |         | ○       |         | —                       |                         |                           | 喜    | R    |
| 175.            | 沼泽山雀 <i>Parus palustris dejeani</i> Oustalet              | +       | +  |       |        | +       | +       |         | +       |         |         |         | —                       |                         |                           | 古    | R    |
| 176.            | 褐头山雀 <i>Parus montanus weigoldicus</i> Kleinschmidt       | ○       |    |       |        |         |         |         |         |         | ○       |         |                         |                         | —                         | 古    | R    |
| 177.            | 白眉山雀 <i>Parus superciliosus</i> (Przevalski)              |         |    |       |        |         |         |         |         |         | ○       |         |                         |                         | —                         | 特    | R    |
| 178.            | 黑头长尾山雀 <i>Aegithalos iouschistos bonvaloti</i> (Oustalet) | ○       |    |       |        | +       |         |         |         |         |         |         | —                       |                         |                           | 喜    | R    |



续表 1

| 名                   | 称                                                             | 中甸(上桥头) | 巴塘 | 宁蒗(泸沽湖) | 乡城(柴柯) | 中甸(小中甸) | 巴塘(波戈溪) | 中甸(天宝山) | 稻城(老林口) | 中甸(大雪山) | 理塘(毛垭坝) | 乡城(无名山) | 低山带<br>2400米<br>/ 3100米 | 中山带<br>3100米<br>/ 3500米 | 高山带<br>3500米<br>/ 5000米以上 | 区系从属 | 居留情况 |
|---------------------|---------------------------------------------------------------|---------|----|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|------|------|
| (34) 鹎科Sittidae     |                                                               |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                         |                         |                           |      |      |
| 179.                | 白脸鹎 <i>Sitta leucopsis przewalskii</i> Berezhovski et Bianchi |         |    |         |        |         |         |         |         |         | ○       |         |                         | —                       |                           | 喜    | R    |
| 180.                | 滇鹎 <i>Sitta yunnanensis</i> Ogilvie-Grant                     |         |    |         |        | +       |         |         |         |         |         |         | —                       |                         |                           | 东    | R    |
| 181.                | 普通鹎 <i>Sitta europaea montium</i> La Touche                   | +       | ○  |         |        |         | +       |         |         |         |         |         | —                       |                         |                           | 古    | R    |
| 182.                | 红翅旋壁雀 <i>Tichodroma muraiia nepalensis</i> (Linnaeus)         | +       | ○  | -       |        |         |         |         | +       |         | -       |         | —                       |                         |                           | 古    | B    |
| (35) 旋木雀科Certhiidae |                                                               |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                         |                         |                           |      |      |
| 183.                | 普通旋木雀 <i>Certhia familiaris khamensis</i> Bianchi             |         | ○  |         |        |         |         | +       |         | +       | ○       |         | —                       |                         |                           | 古    | R    |
| 184.                | 高山旋木雀 <i>Certhia himalayana yunnanensis</i> Sharpe            | +       | ○  |         |        |         |         |         |         |         |         |         | —                       |                         |                           | 喜    | R    |
| (36) 啄花鸟科Dicaeidae  |                                                               |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                         |                         |                           |      |      |
| 185.                | 黄腹啄花鸟 <i>Dicaeum melanozanthum</i> (Blyth)                    |         | ○  |         |        | ○       |         |         |         |         |         |         |                         | —                       |                           | 喜    | S    |
| (37) 文鸟科Ploceidae   |                                                               |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                         |                         |                           |      |      |
| 186.                | 麻雀 <i>Passer montanus</i>                                     |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                         |                         |                           | 广    |      |

续表 1

| 名                                                                 | 称            | 中甸(上桥头) | 巴塘 | 宁蒗(泸沽湖) | 乡城(柴柯) | 中甸(小中甸) | 巴塘(波戈溪) | 中甸(天宝山) | 稻城(老林口) | 中甸(大雪山) | 理塘(毛垭坝) | 乡城(无名山) | 低山带<br>2400米 / 3100米 | 中山带<br>3100米 / 3500米 | 高山带<br>3500米 / 5000米以上 | 区系从属 | 居留情况 |
|-------------------------------------------------------------------|--------------|---------|----|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------|----------------------|------------------------|------|------|
| a. <i>P. m. tibetanus</i>                                         | Stuart Baker | ○       |    |         |        |         |         |         |         |         | ○       |         | —                    | —                    |                        |      | R    |
| b. <i>P. m. saturatus</i>                                         | Stejneger    | ○       |    | +       | -      | +       |         |         |         |         |         |         | —                    |                      |                        |      | R    |
| 187. 山麻雀<br><i>Passer rutilans batangensis</i><br>Cheng et Tan    |              | +       |    |         | +      |         |         |         |         |         |         |         | —                    |                      |                        | 东    | R    |
| 188. 褐翅雪雀<br><i>Montifringilla a. adamsi</i><br>Adams             |              |         |    |         |        |         |         |         |         |         | +       |         |                      | —                    |                        | 喜    | R    |
| 189. 白腰雪雀<br><i>Montifringilla taczanowskii</i> (Przevalski)      |              | ○       |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        | 特    | R    |
| 190. 棕颈雪雀<br><i>Montifringilla r. ruficollis</i><br>Blanford      |              | ○       |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        | 古    | R    |
| 191. 棕背雪雀<br><i>Montifringilla b. blanfordi</i><br>Hume           |              | ○       |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        | 古    | R    |
| (38) 雀科 Fringillidae                                              |              |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                      |                      |                        |      |      |
| 192. 黑头金翅<br><i>Carduelis a. ambigua</i> (Oustalet)               |              |         |    |         |        | +       |         |         |         |         |         |         |                      | —                    |                        | 喜    | R    |
| 193. 藏黄雀<br><i>Carduelis thibetana</i> (Hume)                     |              | +       | ○  |         |        |         |         |         |         |         |         |         | —                    |                      |                        | 喜    | R    |
| 194. 黄嘴朱顶雀<br><i>Carduelis flavirostris minioke-nsis</i> (Jacobi) |              | ○       |    |         |        |         |         |         |         |         | +       |         |                      |                      | —                      | 古    | R    |
| 195. 林岭雀<br><i>Leucosicte n. nemoricola</i> (Hodgson)             |              | ○       |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         | —                    |                      |                        | 古    | B    |

续表 1

| 名    | 称                                                                    | 中甸(上桥头) | 巴塘 | 宁蒗(泸沽湖) | 乡城(柴柯) | 中甸(小中甸) | 巴塘(波戈溪) | 中甸(天宝山) | 稻城(老林口) | 中甸(大雪山) | 理塘(毛垭坝) | 乡城(无名山) | 低山带<br>2400米<br>/ 3100米 | 中山带<br>3100米<br>/ 3500米 | 高山带<br>3500米<br>/ 5000米以上 | 区系从属 | 居留情况 |
|------|----------------------------------------------------------------------|---------|----|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|------|------|
| 196. | 拟大朱雀 <i>Carpodacus r. rubicilloides</i> Przevalski                   |         | ○  |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                         |                         | —                         | 喜    | R    |
| 197. | 红胸朱雀 <i>Carpodacus puniceus szetschuanus</i> (Berezowski et Bianchi) |         | ○  |         |        |         |         |         |         |         |         |         | —                       |                         |                           | 喜    | R    |
| 198. | 暗色朱雀 <i>Carpodacus n. intensicolor</i> Stuart Baker                  |         |    |         |        |         | +       |         |         |         |         |         | —                       |                         |                           | 喜    | R    |
| 199. | 赤朱雀 <i>Carpodacus rubescens</i> (Blanford)                           |         |    |         |        |         |         |         |         | +       |         |         |                         |                         | —                         | 喜    | R    |
| 200. | 点翅朱雀 <i>Carpodacus rhodopeplus verreauxi</i> (David et Oustalet)     |         |    | +       |        | +       |         |         |         |         |         |         | —                       |                         |                           | 喜    | R    |
| 201. | 酒红朱雀 <i>Carpodacus v. vinaceus</i> Verreaux                          | +       |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         | —                       |                         |                           | 特    | R    |
| 202. | 玫红眉朱雀 <i>Carpodacus rhodochrous</i> (Vigors)                         |         |    | +       |        |         |         |         |         |         |         |         | —                       |                         |                           | 喜    | W    |
| 203. | 红眉朱雀 <i>Carpodacus pulcherrimus argyrophrys</i> Berlioz              |         | ○  |         |        |         |         |         |         |         | ○       |         |                         |                         | —                         | 古    | R    |
| 204. | 曙红朱雀 <i>Carpodacus eos</i> (Stresemann)                              |         | +  | +       |        |         | +       | +       | +       |         |         |         | —                       |                         |                           | 特    | R    |
| 205. | 白眉朱雀 <i>Carpodacus thura femininus</i> Rippon                        |         | ○  |         |        |         |         | +       | +       | +       | ○       |         | —                       |                         |                           | 喜    | R    |
| 206. | 普通朱雀 <i>Carpodacus erythrinus roseatus</i> (Blyth)                   |         | ○  |         |        | +       |         |         |         |         |         |         | —                       |                         |                           | 古    | B    |
| 207. | 斑翅朱雀 <i>Carpodacus trifasciatus</i> Verreaux                         |         | ○  |         |        |         |         |         |         |         |         |         | —                       |                         |                           | 特    | R    |

续表 1

| 名    | 称                                                | 中甸(上桥头) | 巴塘 | 宁蒗(泸沽湖) | 乡城(柴柯) | 中甸(小中甸) | 巴塘(波戈溪) | 中甸(天宝山) | 稻城(老林口) | 中甸(大雪山) | 理塘(毛垭坝) | 乡城(无名山) | 低山带<br>2400米<br>/ 3100米 | 中山带<br>3100米<br>/ 3500米 | 高山带<br>3500米<br>/ 5000米以上 | 区系从属 | 居留情况 |
|------|--------------------------------------------------|---------|----|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|------|------|
| 208. | 红交嘴雀 <i>Loxia curvirostra himalayensis</i> Blyth |         | ○  | -       |        | +       |         |         |         |         | ○       |         |                         | —                       | —                         | 古    | R    |
| 209. | 长尾雀? <i>Urugas sibiricus henrici</i> Oustalet    |         | ○  |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                         |                         |                           | 古    | R    |
| 210. | 红额原雀 <i>Propyrrhula subhimachala</i> (Hodgson)   |         |    |         |        |         |         |         |         | +       |         |         |                         | —                       |                           | 喜    | R    |
| 211. | 赤胸灰雀 <i>Pyrrhula e. erythra</i> Blyth            | +       | ○  |         |        | +       |         |         |         |         |         |         | —                       |                         |                           | 古    | R    |
| 212. | 白翅拟蜡嘴雀 <i>Mycerobas. c. carnipes</i> (Hodgson)   |         |    |         |        |         |         | +       | +       |         | ○       |         |                         | —                       |                           | 喜    | R    |
| 213. | 黑翅拟蜡嘴雀 <i>Mycerobas affinis</i> (Blyth)          |         |    |         |        | +       |         |         |         |         |         |         |                         | —                       |                           | 喜    | B    |
| 214. | 朱鹀 <i>Urocynchramus pylzowi</i> Przevalski       |         | ○  |         |        |         |         |         |         |         |         |         | —                       |                         |                           | 特    | R    |
| 215. | 黄喉鹀 <i>Emberiza elegans elegantula</i> Swinhoe   | +       |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         | —                       |                         |                           | 古    | RB   |
| 216. | 灰眉岩鹀 <i>Emberiza cia</i>                         |         |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         |                         |                         |                           | 古    |      |
| a.   | <i>E. c. ommisa</i> Rothschild                   |         | ○  |         |        |         |         |         |         |         | ○       |         | —                       |                         |                           |      | B    |
| b.   | <i>E. c. khamensis</i> Sushkin                   |         | +  |         | +      | +       |         |         |         |         |         |         | —                       |                         |                           |      | R    |
| c.   | <i>E. c. yunnanensis</i> Sharpe                  | +       |    |         |        |         |         |         |         |         |         |         | —                       |                         |                           |      | R    |
| 217. | 小鹀 <i>Emberiza pusilla</i> Pallas                |         |    |         |        |         |         |         |         |         | ○       |         |                         | —                       |                           | 古    | MW   |

3. 对各种鸟类的区系从属分析, 以种为单位。

4. 主要繁殖范围在古北界的种类属古北种, 表 1 中标以“古”, 属东洋界的标“东”; 广布种标“广”。

5. 对局限在喜马拉雅山系或主要分布在这地区, 向外伸展不多的种类, 其区系从属标为“喜”。

6. 在世界范围内, 主要在中国繁殖, 而且局限在横断山区, 居于古北和东洋两界相嵌交界地带, 向外伸展不多的种类, 其区系从属标为“特”。

7. 分布相当广泛, 包括喜马拉雅山系在内的种类, 依“4”论其从属。

沙鲁里山南段鸟类依上述原则划分区系从属的结果: 172 种繁殖鸟中, 古北界种类有 62 种, 占 35.7%; 属喜马拉雅山系种类 47 种, 占 27.5%; 广布鸟类 27 种, 占 16.4%; 为横断山区特有的鸟类 16 种, 占 9.4%; 此外, 有 17 种东洋界鸟类, 占 11.1% (图 2)。由此可见, 沙鲁里山南段鸟类的区系组成以古北界种类为主, 喜马拉雅山系种类次之, 而横断山区特有种类占有一定的比例。

### 三、垂 直 分 布

沙鲁里山南段鸟类的垂直地带性依其特有种群及优势种的分布情况大致可划分为三个垂直带。种群数量的多寡, 以每日平均三人在约四小时野外观察时间内, 单线路程所遇见该种鸟的总数和, 与所见该种鸟的日数之比, 作为划分种群数量等级参考的依据。平均每日见 3 只以下者为罕见种, 4—9 只为常见种, 10 只以上为优势种。

I、低山带 海拔 2400—3100 米, 主要为金沙江上游干热河各地带。见于本带的繁殖鸟有 94 种, 其中广布鸟类 18 种, 占 19.1%; 古北界鸟类 36 种, 占 38.3%; 东洋种类 12 种, 占 12.8%; 属喜马拉雅山系鸟类 20 种, 占 21.3%; 横断山区特有鸟类 8 种, 占 8.5%。

本带以河谷灌丛草坡和农田鸟类为优势, 如岩鸽、黄臀鹌、白眉雀鹑、麻雀、山麻雀、曙红朱雀和灰眉岩鹀等。小鹈鹕、红隼 *F. t. saturatus*、长尾林鸢、戴胜、黑啄木鸟、岩燕、金腰燕、黄臀鹌、红嘴蓝鹑、白颊噪鹛、红嘴相思鸟和鹧鸪色奇鹌等 27 种为该带特有类群, 未见于中山带和高山带。

II、中山带 海拔 3100—3500 米。是森林发育较好的地带。森林鸟类较为丰富, 为全山繁殖鸟类最多的地带, 计 103 种。古北界鸟类有 34 种, 占 33.0%; 属喜马拉雅山系鸟类 30 种, 占 29.0%; 广布鸟类 18 种, 占 17.5%; 横断山区特有的鸟类 10 种, 占 9.7%; 东洋界鸟类 11 种, 占 10.7%。

中山带常见有雉鸡、藏马鸡、岩鸽、点斑林鸽、灰背伯劳、喜鹊、红嘴山鸦和大嘴乌鸦等; 而以小云雀、黑喉石鹀、灰头鹌、橙翅噪鹛、白眉雀鹑、棕腹柳莺、黄眉柳莺、黑冠山雀、褐冠山雀、黑头金翅和曙红朱雀等为优势种。

仅见于中山带的鸟类中, 有红腹角雉、点斑林鸽、灰头鹌、宝兴鹌、褐鹌、棕腹柳莺、滇鹌和暗色朱雀等 22 种。

III、高山带 海拔 3500—5000 米 (据 Schäfer, 1938, 有的鸟分布高达 5000 米以上)。此带主要景观为发育良好的冷杉林、杜鹃林、垫状灌丛草甸和高山草甸或裸岩。97 种繁殖鸟中, 古北界鸟类 44 种, 占 45.4%; 属喜马拉雅山系的鸟类有 28 种, 占 28.9%; 广布鸟类 14 种, 占 14.4%; 横断山区特有鸟类 10 种, 占 10.3%; 东洋界种类据记录有 1 种, 占 1.0%。

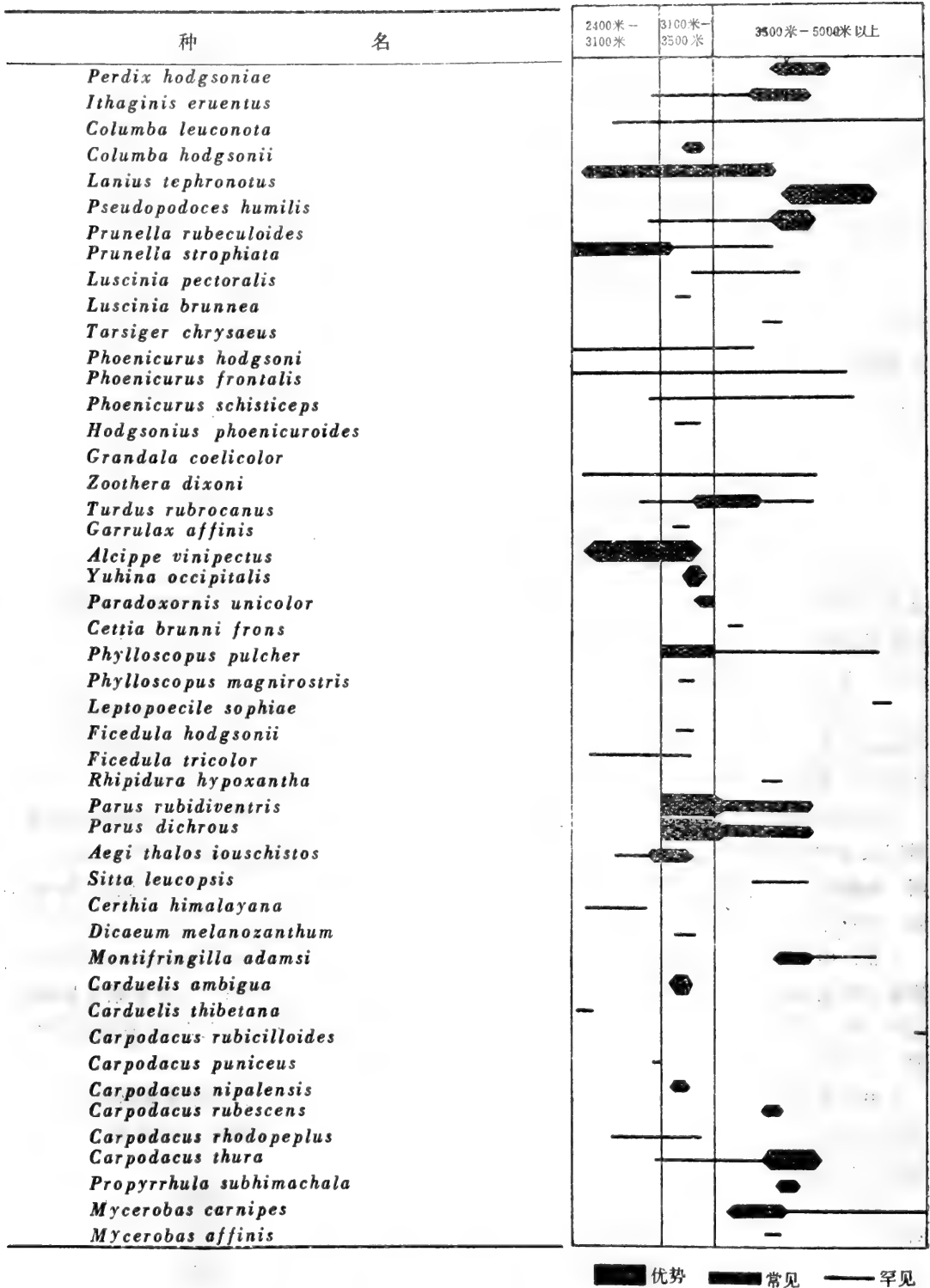
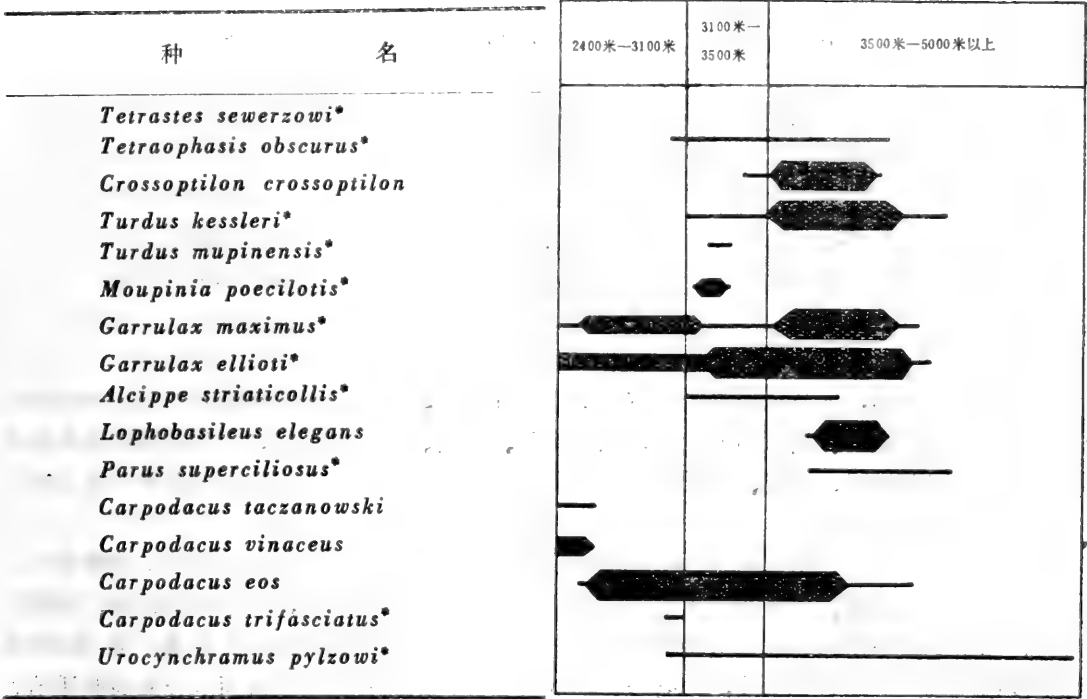


图3 沙鲁里山南段喜马拉雅山区鸟类数量等级分布图



优势 常见 罕见

※局限于中国的种类

图4 沙鲁里山南段横断山区特有鸟类数量等级分布图

高山带杉林及林缘以藏马鸡、棕背鹇、橙翅噪鹛、凤头雀莺和白眉朱雀等为优势种。高山草甸则以栖息于开阔生境的角百灵、褐背拟地鸦、寒鸦和鸬岩鹳等占优势。

考察过程中，未见兀鹫、高原山鹑、纵纹腹小鸢、角百灵、褐背拟地鸦、凤头雀莺、褐翅雪雀、红额原雀和白翅拟腊嘴雀等33种高山带鸟类分布于中山带和低山带。

如上所述，属喜马拉雅山系和横断山区特有的鸟类在沙鲁里山南段的鸟类区系中占有相当的比例，这是引人注目的现象。为了进一步阐明这些种类在这地区的分布情况，兹将47种属喜马拉雅山系和16种横断山区特有鸟类的种群数量等级分布状况分别示如图3和图4。

#### 四、保护鸟类及资源鸟类概况

沙鲁里山南段217种鸟类中，有相当多的保护鸟类和一定数量的资源鸟类。其中被列为世界保护鸟类名录中的有藏马鸡，属国家规定的一类珍稀保护鸟类有黑颈鹤，二类有藏马鸡、红腹角雉，三类有血雉。中华人民共和国政府和日本国政府1981年签订的“保护候鸟及其栖息环境协定”所提的保护鸟类中见于本山区的有42种：

- |      |       |      |
|------|-------|------|
| 赤麻鸭  | 绿翅鸭   | 绿头鸭  |
| 凤头潜鸭 | 普通秋沙鸭 | 灰背隼  |
| 鹈鹕   | 灰鹤    | 凤头麦鸡 |
| 红脚鹬  | 白腰草鹬  | 林鹳   |

|      |        |      |
|------|--------|------|
| 矶鹬   | 孤沙锥    | 丘鹬   |
| 乌脚滨鹬 | 普通燕鸥   | 红嘴鸥  |
| 普通燕鸥 | 大杜鹃    | 小杜鹃  |
| 普通夜鹰 | 白喉针尾雨燕 | 白腰雨燕 |
| 角百灵  | 金腰燕    | 毛脚燕  |
| 黄鹌鸽  | 黄头鹌鸽   | 白鹌鸽  |
| 寒鸦   | 红胁蓝尾鸢  | 北红尾鸢 |
| 黑喉石鸢 | 斑鸢     | 黄眉柳莺 |
| 乌鹟   | 山麻雀    | 普通朱雀 |
| 红交嘴雀 | 黄喉鹀    | 小鹀   |

考察结果表明,沙鲁里山南段稀有鸟类中,如黑鹇、金雕、兀鹫和胡兀鹫等,中国特有鸟类斑尾榛鸡、雉鹑、高原山鹑之类,以及红隼、鵟、纵纹腹小鸢、长尾林鸢等有益鸟类和斑嘴鸭、赤嘴潜鸭、勺鸡、雉鹑等有一定经济价值的鸟类,在本区应加以保护,建议列为本地区的保护鸟类。

主要资源鸟类不外鸭科鸟类和雉鸡类。据考察期间所获见以及文献记录的7种鸭类中,除赤麻鸭外,均系秋、冬季节迁至本山区,以湖沼为越冬栖息场所,如中甸纳帕海、宁蒗泸沽湖、理塘毛垭坝沼泽地以及金沙江等河流水域。纳帕海和泸沽湖的鸭类尤多,各水域面可见多达数千只。唯限于条件,未能一一辨认其属种。据观察,泸沽湖面呈分散混群活动的赤嘴潜鸭在单一群中多者达百只以上,凤头潜鸭也有相当数量。此外,还有绿头鸭和斑嘴鸭等(见表1)。

雉科中9种可作为资源的除鹇是冬候鸟外,其余均为留鸟。血雉数量不多,栖息于海拔3100—4000米左右的冷杉林下杜鹃灌丛。藏马鸡是高山带的优势鸟类,栖息环境与血雉相似,在3500米以上的林缘草地及高山裸岩多见一、二十只结群活动,觅食杉树种子、草根及昆虫。傍晚停息在冷杉树冠顶部。雉鸡为低山和中山带常见鸟类,栖于山坡灌丛草地及农田耕作区,有一定的资源数量。考察期间遇见12日次,其中单独活动者2次,成对活动的5次,3—5只老幼结群活动的3次,6—8只结群活动者2次。

## 五、讨 论

根据地理分布特点,对分布在沙鲁里山南段的172种繁殖鸟类进行区系从属的分析,分别将他们归属于广布种、古北界和东洋界种类,以及属喜马拉雅山系和横断山区特有的种类,对横断山区鸟类区系的形成、演化、以及动物地理区划等的研究,提出了可讨论的内容。

从图2可见,属古北界的繁殖鸟在沙鲁里山南段的鸟类区系组成中占35.7%;在广布全山三带的种类(或称三带共有种)中,占45.3%;在各带所见的繁殖鸟中:低山带占38.3%,中山带占33.0%,高山带占45.4%;在各带特有的种类中(局限于各带者):低山带占29.6%,中山带为0,高山带占47.0%。这个有趣的结果是,属古北界的繁殖鸟在上述任一情况中虽都占优势地位,但比例均不超过50%。

全山属东洋界鸟类并不多,只占繁殖鸟总种数的11.0%,其中63%可见于低山带,57.9%见于中山带,仅有5.3%延及高山带。但就低山带而言,其东洋界的繁殖鸟类也仅占该带



繁殖鸟总种数的12.8%。这从另一方面论证了本区与东洋界的关系较为疏远。属喜马拉雅山系的鸟类在本区占全山繁殖鸟总种数27.3%；在全山三带共有种类中则占24.5%；在各地带中：低山带占21.3%，而以中山带和高山带居多，分别为29.1%和28.9%。中山带和高山带的喜马拉雅山系鸟类不仅种类比较多，而且常见种和优势种也较多见（图3）。低山带属喜马拉雅山系的种类中，常见种有3种，仅有1种优势种；而中山带和高山带的常见种类分别有10种和9种，各带有3种优势种，较低山带多三倍。可见中山带和高山带是喜马拉雅山系鸟类种群的较适生境地域。

属横断山区特有的鸟类在全山鸟类区系组成中占9.3%；在三带共有鸟类中占11.9%；在各垂直带中：低山带占8.5%，中山带占9.7%，高山带占10.3%；在低山带特有鸟类中占7.4%，中山带占8.7%，高山带为5.9%。

从上述一系列分析数字中，对沙鲁里山南段的鸟类区系可以得出一个初步的结论，即在动物地理区划上系从属于古北界，并与喜马拉雅山系有相当程度的关连。其中又以中山带和高山带更具浓厚的喜马拉雅山系的色彩。或者说中山带和高山带的鸟类区系形成较之低山带与喜马拉雅山脉有更密切的关系。

对本区鸟类区系的分析结果还表明，主要分布在东洋界或古北界的种类，如鸮岩鹳、棕胸岩鹳、褐岩鹳、普通鹳和高山旋木雀等，尚见于低山带，而东洋界特有的或主要分布于东洋界的和平鸟科、凤头雨燕科、卷尾科、燕鵙科、黄鹳科、棕鸟科和啄花鸟科等鸟类，竟无一见于低山带，仅有属东洋界的画眉亚科10种鸟类（只占该亚科3.7%）分布及低山带。从上述分析结果，可以认为古北界和东洋界在横断山区锯齿状的分界在沙鲁里山南段区域内，古北界的下限不低于海拔2400米；换言之，东洋界的上限不高于2400米。

在全区有斑尾榛鸡、雉鹑、宝兴歌鸲、宝兴鹑雀、橙翅噪鹛和斑翅朱雀等11种鸟类（图4标以“\*”）不但不见于国外，即使在中国境内，其分布也仅仅限于包括本区在内的西南山地亚区为中心，与西部山地亚区共有，或可见于青海藏南亚区，有的范围稍大，扩展至黄土高原亚区或东部丘陵平原亚区和西部山地亚区。另有藏马鸡、凤头雀莺、白腰雪雀、酒红朱雀和曙红朱雀等5种，主要分布在以上述范围为中心，在邻国小范围内尚有分布的中国特有种类。这些特有鸟类占全区繁殖鸟类9.3%，它们在各垂直带的数量等级分布见图4。这种“特有”的情况在亚种分化上更为多见。本区132种具有地理分化的繁殖鸟中，有38种（占28.8%）是以包括本区在内的西南山地亚区为特有地理亚种的分布中心。如雉鸡 *P. c. elegans*、鸲鹑 *B. b. tibetanus*、长尾林鸲 *S. u. davidi*、黑啄木鸟 *D. m. khamensis*、三趾啄木鸟 *P. t. funebris*、长嘴百灵 *M. m. maxima*、角百灵 *E. a. khamensis*、楔尾伯劳 *L. s. giganteus*、红嘴山鸦 *P. p. himalayanus*、鹧鸪 *T. t. nipalensis*、*T. t. talifuensis*、戴菊 *R. r. yunnanensis*、褐头山雀 *P. m. weigoldicus*、普通旋木雀 *C. f. khamensis*、长尾雀 *U. s. henrici*、以及灰眉岩鹳 *E. c. khamensis* 等16种属古北界鸟类，占42.1%；黄臀鹌鹑 *P. x. xanthorrhous*、黑鹌 *H. m. concolor*、*H. m. sinensis*、锈脸钩嘴鹌 *P. e. dedekeni*、*P. e. decarlei*、矛纹草鹌 *B. l. lanceolatus*、红嘴相思鸟 *L. l. yunnanensis*、鹌色奇鹌 *H. m. desgodinsi*、金眶鹌莺 *S. b. tenphrocephalus*、纹背山鹧鸪 *P. n. catharia* 和山麻雀 *P. r. batangensis* 等9种属东洋界鸟类，占25.6%；广布种有纵纹腹小鹌 *A. n. ludlowi*、红嘴蓝鹌 *C. e. alticola*、大嘴乌鸦 *C. m. tibetosinensis* 和紫哨鹌 *M. c. eugenei*，占10.3%；属喜马拉雅山系的有血雉 *I. c. geoffroyi*、黑顶噪鹛 *G. a. muliensis*、白眉雀鹌 *A. v. bieti*、棕肛凤鹑 *Y. o. obscurior*、褐冠山雀

*P. d. wellsi*、黑头长尾山雀*A. i. bonvaloti*和高山旋木雀*C. h. yunnanensis*；还有为中国特有的雉鹑，在本区稍大的范围内又形成特有的亚种*T. o. szechenyii*，占2.6%。从种和地理亚种在本区分布的现状，不难看出沙鲁里山所处的西南山地亚区，在物种形成上特殊而又重要的地理位置是罕见的，横断山区与喜马拉雅山系的关系是不言而喻的。

目前，沙鲁里山南段的鸟类资源数量多寡不一，多者亦不足以作为狩猎对象之大宗；鉴于此，以保护为佳。

最后要说明的是，作分析依据的各种留鸟、繁殖鸟或夏候鸟的垂直地带性等问题由于考察工作期间正值秋、冬季节，部分鸟类有垂直迁移或小幅度的水平迁移现象；此外尚有不可忽略的机率因素等这些客观因素的存在，致使本文所列各种鸟类的垂直地带性以及各地带所拥有的鸟种及其数量等级并非绝对，仅为深入研究本山区鸟类及涉及鸟类区系划分、起源、形成和发展等研究工作提供一些素材而已。

### 参 考 文 献

- (1) 中国科学院《中国自然地理》编辑委员会，1979，中国自然地理动物地理，中国科学出版社，vii，1—121。
- (2) 中国科学院昆明动物所鸟类组，1980，高黎贡山地区脊椎动物考察报告，第二册。鸟类，科学出版社，vii，1—304。
- (3) 李德浩、王祖祥、江智华，1978，西藏东南部地区的鸟类，动物学报，24(3)：231—250。
- (4) 陈服官、罗志腾、曹厚先，1980，秦岭太白山北坡陆栖脊椎动物垂直分布的研究，陕西省动物学会论文选集：109—122。
- (5) 郑作新 1966 中国鸟类系统检索表(增订本)。中国科学出版社，xxvii，1—251。
- (6) 郑作新 1976 中国鸟类分布名录(第二版)，中国科学出版社，xvii，1—1218。
- (7) 郑作新、冯祚建、张荣祖、胡淑琴，1981，青藏高原陆栖脊椎动物区系及其演变的探讨，北京自然博物馆研究报告，文物出版社，1—21。
- (8) 郑作新、谭耀匡、罗泉笙、闵芝兰，1962，四川西南与云南西北地区鸟类的分类研究。I. 非雀形目，动物学报，14(4)：537—554。
- (9) 郑作新、谭耀匡、闵芝兰，1963，四川西南与云南西北地区鸟类的分类研究。II. 雀形目：鹛科。动物学报，15(1)：109—124。
- (10) 郑作新、谭耀匡、闵芝兰、罗泉笙，1963，四川西南与云南西北地区鸟类的分布研究。III. 雀形目(续)，动物学报，15(2)：295—316。
- (11) 郑作新、谭耀匡、梁中宇、张俊范，1963，四川峨眉山鸟类及其垂直分布的研究，动物学报 15(2)：317—335。
- (12) 谭耀匡、郑作新，1964，云南玉龙山鸟类的垂直分布，动物学报，16(2)：295—313。
- (13) Ali, S., et S. D. Ripley 1968-80 Handbook of the Birds of India and Pakistan. 1. Iviii, 1-380, 1968, 2. xvi, 1-347, 1980, 3. xvi, 1-325, 1969, 4. xiii, 1-265, 1970, 5. xiii, 1-276, 1970, 6. xiii, 1-245, 1971, 7. xiii, 1-236, 1972, 8. xiv, 1-277, 1973, 9. xvi, 1-306, 1973, 10. xx, 1-334, 1974. Oxford University Press, London.
- (14) Mayr, E., and J. C. Greenway 1960-62 Check-list of the birds of the world. 9; xii, 1-506, 1960; 15; x, 1-315, 1962. Museum of Comparative Zoology, Cambridge, Mass.
- (15) Paynter, R. A., and E. Mayr 1967-70 Check-list of birds of the world. 12; ix, 1-495, 1967, 13; x, 1-443, 1970, 14; x, 1-433, 1968. Museum of Comparative Zoology, Cambridge, Mass.
- (16) Peters, J. L. 1931-48 Check-list of birds of the world. 1: xvii, 1-345, 1931, 2: xvii, 1-401, 1934, 3: xiii, 1-311, 1937, 4: xii, 1-191, 1940, 5: xi, 1-306, 1945, 6: xi, 1-259, 1948, Museum of comparative Zoology, Cambridge, Mass.
- (17) Mayr, E., and R. A. Paynter 1964 Check-list of the birds of the world. 10:

ix, 1-502, Museum of Comparative Zoology, Cambridge, Mass.

(18) Vaurie, C. 1959 The birds of the palearctic fauna, Order Passeriformes. xii, 1-762. H. F. & G. Witherby Limited, London.

## ON THE ZOOGEOGRAPHICAL POSITION AND TRANSFORMATION OF AVIFAUNA OF TRANS-HIMALAYAS

### I. Avifauna of South Sha-lu-li Mountain and Their Vertical Distribution

Zheng Baolai    Yang Lan

(Kunming Institute of Zoology)

#### Abstract

The present paper presents the result of the expedition made in August to November 1981 in south Sha-lu-li Mountain, part of Meridional Himalayas, which lies on the left side of the Upper Yangzi River, and is located along the border of Tibet, Sichuan and Yunnan, at  $99^{\circ}$ - $101^{\circ}$  E.,  $27^{\circ}$ - $30^{\circ}$  N. The expedition lasts forty-three days, which are too few for successful intensive collecting. Most ducks and raptors were too shy and alert to get close and to recognize. However, specimens of nearly all the species seen were secured. In view of the cited factors, the collection consisting of 740 skins belonging to 14% species does not seem small, of which *Netta rufina* is new to the avifauna of Yunnan. Including the birds recorded from this area, a total number of 217 species under 17 orders, 38 families are listed.

It has been found that 172 species of breeding birds occurred in this area. 5 types of faunal affinities may be divided: 1. Species widely distribute in both Palearctic realm and Oriental realm. 2. Those chiefly distribute in the palearctic realm. 3. Those chiefly range in the Oriental realm; 4. Those are restricted to or chiefly ranged in Himalayas. 5. Species whose distribution confined to China (chiefly range along the border of the Palearctic and Oriental realms in Meridional Himalayas).

In accordance with the avifauna of the present range, it may be divided into 3 vertical zones: 1. Low-hill zone, 2,400-3,100 m. alt.; 2. Mid-hill zone, 3,100-3,500 m. alt.; 3. Alpinal zone, 3,500-5,000 m. alt. It is shown that the palearctic species dominate the avifauna in either of the following cases, although they are less than 50%. 1. Palearctic species range in the whole area, 35.7%; 2. Those seen from the low-hill zone to alpinal zone, 45.3%; 3. Those in any of the vertical zones: low-hill zone, 38.3%, mid-hill zone, 33.0%; alpinal zone, 45.4%; 4. Those restricted to either vertical zone: low-hill zone, 29.6%, mid-hill zone, 0.0%, alpinal zone, 47.0%. Nevertheless, the affinity

percentages also show a close relation of avifauna to Himalayas, especially the mid-hill zone and the alpine zone. They are: 1. 27.3%; 2. 24.5%; 3. 21.3%, 29.1%, 28.9%; 4. 11.1%, 52.2%, 38.2%, respectively in the cited above cases.

It seems that south Sha-lu-li Mountain does not belong to the transitional area between the palearctic realm and Oriental realm, but palearctic. In addition, the border of the palearctic realm in this area does not go lower than 2,400m. alt., or vice versa, the Oriental realm does not go higher than 2,400 m. alt.

Of the breeding birds, 9.3% are confined or chiefly range in China, of the differentiated subspecies, 28.8% are in the case. They are more or less confined to Meridianal Himalayas. It shows that Meridianal Himalayas, including south Sha-lu-li Mountain, is specific to formation of species in some significance.

46 protected birds are named in this report, such as *Crossoptilon crossoptilon*, listed in the catalogue of birds protected by whole world; *Ciconia nigricollis*, *Troglodytes*, *temminckii* and *Ithaginis cruentatus*, listed in the catalogue of birds protected by the Nation. Many other migratory birds, which are recorded from the "Agreement on Migratory Birds and their Habitats protected by the Governments of China and Japan." In addition, *Ciconia nigra*, *Anas* spp., *Gyps fulvus*, *Gypaetus barbatus sewerzowi*, *Tetraoephais obscurus*, etc., formerly have been common throughout the region, are now so rare. Some of them are on their road to endanger, even in the secluded field. They are suggested to be protected.

## 40. 横断山区鸡类的分布与食性<sup>①</sup>

杨 岚 潘汝亮

(中国科学院昆明动物研究所)

云南、四川的西部和西藏、青海的东南部横断山脉地区，自然地理条件特殊，鸟类资源极为丰富。中国科学院昆明动物研究所鸟类研究工作者多年在横断山地区进行考察，作者近两年又参加中国科学院青藏高原综合科学考察队，在云南西北部和四川西部地区进行采集调查，共收采鸡形目鸟类标本311号，分属25种。另外有5种及5亚种录自郑作新等的有关文献记载（文内种名及亚种名前标以“\*”号）。横断山脉地区共记录有鸡类30种，分隶21个属，3族，2科。横断山脉地区的鸡类种数，占全国鸡类种数的53.6%。

在采集制作鸡类标本的同时，收集胃及嗉囊标本172个，分属于20种。

鸡类是重要的经济鸟类之一。许多种类被列为世界和国内的重点保护鸟类。横断山脉地区是鸡类分布的重点区域，历来为有关学者所注目。

现将所收集的资料，并参考郑作新等（1962, 1963），郑作新（1976），郑作新等（1978），李德浩等（1978）及四川省资源动物志第一卷（1980）；Rothschild（1926），Riley（1926, 1931），Bangs（1932）等有关文献，仅就横断山脉地区鸡类的分布及食性分析整理报导。为该地区鸡类的自然保护，驯养及合理捕猎提供参考资料。

本文记载了各个种的标本采集地，采集号数。采集月份用罗马表示，列在采集地点之后。食性分析中的植物名称承请中国科学院昆明植物研究所协助鉴定。昆虫部分由中国科学院昆明动物研究所昆虫分类研究室副研究员甘运兴同志、助理研究员熊江、李昌廉、刘起蓉等同志协助鉴定。特此一并致谢。

### 一、种的分布及食性

#### 松鸡科TETRAONIDAE

##### 1. 斑尾榛鸡*Tetrastes sewerzowi* Przevalski

###### (1) 四川亚种*T. s. secunda* Riley

1 ♂, 1 ♀。四川西部德格独木岭，Ⅷ。云南西北部中甸格咱红山（魏天昊1980）。四川北部松潘，马尔康；西部康定至巴塘，西北部白玉及西部木里（郑作新等1978）。

食性 1 胃。豆科植物叶片及草籽。胃内全是植物性食物。

栖息于海拔3800—4200米左右的杜鹃灌丛中。

#### 雉科PHASIANIDAE

##### (一) 鹑族Perdicini

##### 1. \*雪鹑*Lerwa lerwa* (Hodgson)

###### (1) 康定亚种*L. l. major* R. Meinertzhagen

记录于四川西部和云南西北部（郑作新等1978）。

① 1981、1982年参加横断山地区（滇西北和川西）野外考察的还有郑宝贻、石文英、李致祥、王应祥、马世来等同志

栖息于海拔3000—5200米的林线与雪线附近的高山地带。常活动于着生有高山植物如杜鹃，蕨类，苔藓，地衣等的多岩石陡坡上。

2. \*淡腹雪鸡*Tetraogallus tibetanus* Gould

(1) 青海亚种*T. t. przewalskii* Bianchi

分布于北自甘肃祁连山，南抵青海玉树及四川北部岷山山脉（郑作新等1978）。

(2) 四川亚种*T. t. henrici* Oustalet

分布于四川西部及西北部（郑作新等1978）。

通常栖息于高山裸石及高山灌丛至雪线。在海拔3000—6000米地带活动

3. 雉鹑*Tetraophasis obscurus* (J. Verreaux)

(1) 川西亚种*T. b. szechenyii* Madarasz

1 ♂。云南丽江玉湖，Ⅷ。分布于四川西部康定至巴塘；青海玉树以南至云南西北部；西至西藏南部林芝等地。

栖息于海拔4000米以上的针叶林，杜鹃灌丛及高山裸岩地带。

4. 鹧鸪*Francolinus pintadeanus* (Scopoli)

14 ♂♂，1 ♀。云南河口南溪，景东无量山，勐海，保山坝弯，梁河，潞西，遮放，三台山，盈江，龙盆，I—Ⅶ。

食性 14胃。樟科木姜子属植物果实（2次），槐树果（1次），花生（1次），豆类果实（1次），草籽及叶片（6次）；蚂蚁及蚁卵（8次），蜘蛛（1次），甲虫及其它昆虫（3次）。植物性食物成分占44.8%；动物性食物成分占55.2%。

栖息于海拔840—1400米的开阔河谷地带，稀树草地及灌木丛间。常见单个或成对活动。

5. 高原山鹑*Perdix hodgsoniae* (Hodgson)

(1) \*指名亚种*P. h. hodgsoniae* (Hodgson)

分布于藏东南江达（李德浩等1978）。

(2) 四川亚种*P. h. sifanica* Przevalski

6 ♂♂，4 ♀♀，2 ○○。四川理塘毛垭坝，德格新路海，马尼干戈海子山，康定，Ⅷ—Ⅸ。

食性 7胃。小甲虫（1次），昆虫碎片（4次），果实及种子（4次），草籽及叶片（2次）。动物性食物成分占8%；植物性食物成分占92%。

栖息于海拔4050—4200米的高山灌丛草地。

6. 鹌鹑*Coturnix coturnix* (Linnaeus)

(1) 普通亚种*C. c. japonica* Temminck et Schlegel

1 ♂。云南小中甸；四川巴塘（金沙江边），Ⅷ—Ⅹ。

食性 农作物种子占50%以上（郑作新1962）。

属旅鸟或冬候鸟，获见于海拔2500—3150米地带的农田中。在青稞及荞麦地中活动觅食。

7. 环颈山鹧鸪*Arborophila torqueola* (Valenciennes)

(1) \*指名亚种*A. t. torqueola* (Valenciennes)

西藏东南部昌都地区（郑作新等1978）。

(2) 滇西亚种*A. t. batemani* (Ogilvie-Grant)

7 ♂♂，4 ♀♀，1 ○。云南景东，腾冲，泸水片马，I—Ⅶ。

注：带\*为特有种

食性 4胃。核果，浆果等果实（3次），鳞翅目幼虫（1次），鞘翅目昆虫（2次），大叶蝉（1次）。植物性食物成分占80%；动物性食物成分占20%。

栖息于海拔2000—2700米地带以栎类为主的常绿阔叶林及灌丛中，在地面活动觅食。

8. 绿脚山鸫 *Arborophila chloropus* Blyth

（1）指名亚种 *A. c. chloropus* Blyth

2♀♀，云南西双版纳，普文，Ⅳ—Ⅸ。

食性 胃内食物有植物种子和白蚁，甲虫螽蜥及其它昆虫碎片（郑作新1978）。

栖息于海拔900—1500米的热带，亚热带常绿阔叶林中。

9. 红喉山鸫 *Arborophila rufogularis* Blyth

（1）滇西亚种 *A. r. intermedia* Blyth

4♂♂，13♀♀，云南绿春黄连山，澜沧营盘，景东温卜，潞西勐旺，盈江大南俄，雪梨，Ⅰ—Ⅷ。

食性 13胃，蜈蚣（1次），白蚁（1次），甲虫及其它昆虫碎片（4次）；果实及其它植物种子（9次）。植物性食物成分占98.9%；动物性食物占1.1%。

栖息于海拔1000—2000米左右的沟谷常绿阔叶林及刺竹林下，4—6只结群活动觅食。

10. 白颊山鸫 *Arborophila atrogularis* Blyth

1♀，云南盈江大南俄，Ⅳ。

食性 1胃。甲虫和蚂蚁占10.7%；果实种子占89.3%。

栖息于900—1500米的稀疏常绿阔叶林中灌丛或竹林下，5—8只结群。

11. 棕胸山鸫 *Arborophila javanica* (Gmelin)

（1）云南亚种 *A. j. brunneopectus* (Blyth)

1♀，3♀♀。云南西双版纳勐腊，勐远，小勐养；思茅，永德，Ⅰ—Ⅸ。

食性 直翅目，鞘翅目昆虫碎片，小螺和果实（郑作新1978）。

栖息于海拔1000—1500米的坝区田野，更常见于常绿阔叶林及灌木丛中。

12. \*四川山鸫 *Arborophila rufipectus* Boulton

四川甘洛大桥，屏山（大凉山东麓），五指山，Ⅱ—Ⅹ（李桂垣等1974）。

食性 9胃。蜗牛（1次），蛞蝓（2次），蜈蚣（2次），蚂蚁（1次），鞘翅目昆虫（1次），鳞翅目幼虫（1次），栎果（4次），胡颓子（3次），荚蒾（2次），悬钩子（3次）等植物种子和果实。

栖息于海拔1300—1800米间的栎，栗，杜鹃和油茶等阔叶林下的浓密竹丛和灌丛中。

13. 棕胸竹鸡 *Bambusicola fytchii* Anderson

（1）指名亚种 *B. f. fytchii* Anderson

15♂♂，7♀♀ 云南景东，澜沧，潞西，盈江，腾冲，泸水，绿春，文山；四川米易，Ⅰ—Ⅷ。

食性 12胃。紫葳科植物花（4次），蔷薇科悬钩子等果实（7次），禾本科及莎草科草籽（4次），稻谷（1次），大麦（1次）；双翅目昆虫（3次），鞘翅目小甲虫，幼虫（3次），蜈蚣（1次）。植物性食物成分占88.4%；动物性食物成分占11.6%。

栖息于海拔880—2000米的山坡稀树灌丛草地及农田耕作地边缘。

14. \*灰胸竹鸡 *Bambusicola thoracica* (Temminck)

（1）指名亚种 *B. t. thoracica* (Temminck)

四川峨眉，峨边，雅安，宝兴等地。

食性 杂食。啄食各种杂草种子，嫩芽，嫩叶，果实，谷粒以及各种昆虫和蠕虫（郑作新等1978）。

栖息于海拔2000米以下的山区平原，多在1000米以下的灌丛，竹林及草丛地区活动觅食。

15. 血雉 *Ithaginis cruentus* (Hardwicke)

(1) \*增口亚种 *I. c. kuseri* Beebe

西藏东南部及云南西北部（郑作新等1978）。

(2) 滇西亚种 *I. c. marionae* Mayr

12♂♂，5♀♀。云南高黎贡山，碧罗雪山，I—VI。

(3) \*澜沧江亚种 *I. c. rocki* Riley

云南西北部澜沧江与金沙江之间，约在维西，巨甸一带（郑作新1978）。

(4) 丽江亚种 *I. c. clarkei* Rothschild

1♂，1♀。云南丽江玉龙山。V。

(5) 四川亚种 *I. c. geoffroyi* J. Verreaux

12♂♂，7♀♀，1♂幼，1♀幼。云南中甸吉沙，德钦阿东；四川稻城老林口，巴塘波戈溪，道孚松林口，德格独木岭；西藏芒康红波桥，VIII—XI。

食性 高黎贡山6月采5胃，食性全是苔藓和蕨类。川西8—11月采17胃，其食物蘑菇（12），苔藓（1次），蕨类（1次），豆科植物叶片和种子（2次），山毛榉科高山刺黄栗果（1次），远志科远志（*Polygalaceae* sp.）（1次），蔷薇科植物种子（2次），冷杉树种子（1次），莎草科种子（1次），禾本科叶片（3次），箭竹叶（2次），其它植物果实及种子（6次）；蜗牛等软体动物残体（3次），蚂蚁（1次），鞘翅目昆虫及其它昆虫碎片（2次）。植物性食物占93.5%；动物性食物占6.5%。

栖息于海拔3000—4050米左右的高山栎，杜鹃林及冷杉林下。夏季多见单个或成对活动，秋冬季常10多只或数十只结群。

16. 灰腹角雉 *Tragopan blythii* (Jerdon)

(1) 指名亚种 *T. b. blythii* (Jerdon)

1♂，贡山青蓝丹。XI。

栖息于海拔2000米左右。以栎类为主的常绿阔叶林下。见单个活动。

17. 红腹角雉 *Tragopan temminckii* (J. E. Gray)

13♂♂，1♂幼，6♀♀。云南腾冲大塘，泸水片马，贡山12号桥，碧江碧罗雪山，昭通；四川峨眉，峨边，木里，II—XII。

食性 11胃。苔藓（2次），蕨芽（6次），蘑菇（4次），莎草根（2次），杜鹃花（4次），唇形花科植物种子（1次）。全为植物性食物。

栖息于海拔2700—3650米地带的铁杉，冷杉，杜鹃林中。

(二) 雉族 *Phasianini*

18. 白尾梢虹雉 *Lophophorus sclateri* Jerdon

(1) 滇西亚种 *L. s. orientalis* Davison

4♂♂，4♀♀，云南腾冲大塘，贡山东哨房，巴坡三队，碧江碧罗雪山，V—XI。

食性 4胃。核果（1次），野百合（2次），蕨根（1次），箭竹叶片（1次），莎



草根及叶片（2次）。全为植物性食物。

栖息于海拔3100—3600米的高山箭竹林，杜鹃灌丛和草地。

19. \*绿尾虹雉 *Lophophorus lhuysii* Geoffroy St Hilaire

青海东南部，川西宝兴、康定、汶川、平武及甘肃南部（郑作新等1978）。

食性 觅食草根及球茎，嗜食贝母（*Eritillaria*）。

栖息于海拔4000—5000米左右的多岩山地和高山草甸。

20. 藏马鸡 *Crossoptilon crossoptilon* (Hodgson)

(1) \*藏南亚种 *C. c. harmani* Elwes

西藏昌都地区南部（郑作新1978）。

(2) 昌都亚种 *C. c. drouynii* Verreaux

6♂♂，1♀。云南德钦阿东，四川德格独木岭，新路海，Ⅷ—Ⅺ。

(3) 指名亚种 *C. c. crossoptilon* (Hodgson)

2♂♂，2♂幼，1♀，4♀幼，1♀。四川稻城老林口，雅江八角楼，木里，Ⅷ—Ⅺ。

(4) 丽江亚种 *C. c. lichiangense* Delacour

1♀。云南丽江玉龙山，Ⅹ。

食性 15胃。蜗牛等软体动物（4次），蜈蚣，马六等多足纲动物（7次），蜘蛛（1次），鳞翅目幼虫及成虫（5次），等翅目昆虫（2次），膜翅目昆虫（3次），鞘翅目幼虫及成虫（8次），双翅目昆虫（3次），革翅目昆虫（1次）；蘑菇（8次），蕨类（2次），苔藓（3次），蓼科大黄属（*Rheum* sp.）（6次），蔷薇科苹果属（*Malus* sp.）（8次），小檗科小檗（*Berberis* sp.）（6次），禾本科草片（16次），堇菜科堇菜属（*Viola* sp.），果实（8次），野百合（4次），冷杉花果（2次），桔梗科植物根茎（2次），莎草科草片（1次）豆科植物叶片（3次）。动物性食物成分占12.7%；植物性食物成分占87.3%。

栖息于2750—4500米的冷杉，云杉，杜鹃林下及高山草甸地区。

21. 黑鹇 *Lophura leucomelana* (Latham)

(1) 藏南亚种 *L. l. lathamii* (J. E. Gray)

1♀ 云南高黎贡山独龙江西岸马库。Ⅴ。

栖息于海拔1300—3300米箭竹及林间草丛中。

22. 白鹇 *Lophura nycthemera* (Linnaeus)

(1) 滇西亚种 *L. n. occidentalis* Delacour

7♂♂，2♀♀。云南腾冲大塘，潞西勐戛，勐旺，泸水片马，Ⅰ—Ⅴ。

(2) 缅北亚种 *L. n. rufipes* (Oates)

2♂♂。云南澜沧，Ⅳ。

(3) 掸邦亚种 *L. n. jonesi* (Oates)

2♂♂，6♀♀，1♀幼。云南澜沧营盘黑山，Ⅴ。

(4) 滇西亚种 *L. n. beaulieu* Delacour

11♂♂，4♀♀，1♂幼。云南西双版纳勐腊，景东，绿春，文山，马关，Ⅳ—Ⅺ。

(5) \*峨眉亚种 *L. n. omeiensis* Cheng, Chang, et Tang

四川屏山，峨眉山，峨边及马边，甘洛等地（郑作新1978）。

食性 11胃。锥栗（1次），紫葳科植物花（2次），蔷薇科野樱桃（2次），草莓

(1次), 樟科种子(1次), 安息香科种子(1次), 草根及块茎(2次), 蕨类(1次)。昆虫碎片(1次), 蚂蚁(1次)。植物性食物成分占92.4%; 动物性食物成分占7.3%。

栖息于海拔1000—2200米左右的常绿阔叶林及沟谷林中。

### 23. 原鸡 *Gallus gallus* (Linnaeus)

#### (1) 滇南亚种 *G. g. spadiceus* (Bonnaterre)

15♂♂, 1♂幼, 6♀♀, 1♀幼, 2♀幼。云南东南部富宁、剥隘、河口南溪, 绿春大红山; 南部西双版纳; 西部西盟南卡河, 耿马孟定, 镇康, 永德大雪山, 双江懂过, 潞西, 盈江芒线, I—IX。

食性 20胃。杂草种子(3次), 稻谷(6次), 竹子花(1次), 野樱桃花及果实(5次), 草莓(4次), 榕果(1次), 莎草科植物块根(2次)。蝗虫(1次), 蚂蚁(3次), 蟥象(1次), 小甲虫(2次), 白蚁(3次), 蜂(1次), 鳞翅类幼虫(1次)。植物性食物成分占95.7%; 动物性食物成分占4.3%。

栖息于海拔850—1800米左右的开阔河谷坝区农田及山坡耕作地边缘的灌丛、草地和热带雨林的林缘地区。

### 24. 勺鸡 *Pucrasia macrolopha* (Lesson)

#### (1) 云南亚种 *P. m. meyeri* Madarász

2♂♂, 1♂幼, 1♀。云南德钦阿东; 四川巴塘波戈溪, 雅江八角楼, IX—XI。

食性 2胃。果实(1次), 禾本科草片(1次), 其它植物碎片(1次)。全是植物性食物。

栖息于海拔3100—3800米的杉林及杜鹃林带。

### 25. 雉鸡 *Phasianus colchicus* Linnaeus

#### (1) 川南亚种 *P. c. elegans* Elliot

12♂♂, 3♀♀。云南西部景东, 大理鸡足山、泸水、腾冲、潞西; 西北部丽江、中甸、德钦。四川木里、美姑、会东、康定、巴塘, II—XI。

#### (2) 滇南亚种 *P. c. rothschildi* La Touche

4♂♂。云南蒙自、峨山、昆明, III—XI。

食性 7胃。鳞翅目昆虫(1次), 昆虫碎片(3次); 十字花科植物种子(菜籽? 1次), 小麦(2次), 稻谷(2次), 唇形花科植物种子(1次), 豌豆(1次), 草片(2次), 其它果实(2次)。动物性食物成分占13.8%; 植物性食物成分占86.2%。

栖息于海拔1600—3250米左右的山麓灌丛草地及农田耕作地边缘。

### 26. 黑颈长尾雉 *Syrnaticus humiae* (Hume)

#### (1) 云南亚种 *S. h. burmannicus* (Oates)

2♂♂, 3♀♀。云南西部景东、凤庆、永德、维西、腾冲、潞西, IV—XI。

食性 5胃。盲蛛(1次), 多足纳动物(1次), 直翅目昆虫(1次); 蘑菇(1次), 野山薯(1次), 禾本科草片(1次), 果实(2次)。动物性食物成分占5%; 植物性食物成分占95%。

栖息于海拔1600—2800米的常绿阔叶林下。

### 27. 白腹锦鸡 *Chrysolophus amherstiae* (Leadbeater)

22♂♂, 11♀♀。云南西部景东、大理鸡足山、镇康、凤庆、泸水、贡山、丽江。四川

康定鱼通、木里，I—XII。

食性 20胃。鳞翅目幼虫（3次），鞘翅目甲虫（2次），直翅蝗虫等（3次），等翅目昆虫（1次），膜翅目昆虫蚂蚁等（1次），其它昆虫碎片（2次）；蔷薇科野梨果和悬钩子等果实（10次），茜草科植物叶片（*Rubiaceae* sp.）（1次），豆科植物叶片（3次），野百合科植物（*Liliaceae* sp.）（1次），箭竹叶（5次），石竹科植物（1次），雪茶（1次），枫树种子（1次），木姜（1次），石楠果（1次），蘑菇（1次）。动物性食物成分占4.3%；植物性食物成分占95.7%。郑作新等（1963）记载农作物占一半以上。

栖息于海拔1200—3500米的云南松林，阔叶林，灌丛草地或山坡耕作边缘的灌木草丛之中。

### （三）眼斑雉族 *Argusianini*

#### 28. 孔雀雉 *Polyplectron bicalcaratum* (Linnaeus)

##### （1）指名亚种 *P. b. bicalcaratum* (Linnaeus)

4 ♂♂，2 ♀♀。云南西南部西双版纳勐腊，西部盈江雪梨，IV—V。

食性 1胃。4月采自盈江雪梨。鞘翅目昆虫碎片占12%；豆科植物种子占88%。

栖息于海拔624—1500米的热带雨林及季雨林中。

### （四）孔雀族 *Pavocini*

#### 29. 绿孔雀 *Pavo muticus* Linnaeus

##### （1）云南亚种 *P. m. imperator* Delacour

2 ♂♂，4 ♀♀。云南西双版纳勐海，景东林街，永德勐织，泸水六库，I—VIII。

食性 1胃。7月采自景东林街。胃内含物以蘑菇为主，伴以嫩树叶尖，白蚁及蛴象等昆虫。

栖息于海拔1500米以下的怒江、澜沧江、元江及南定河等流域河谷地带。

## 二、区系从属及居留情况

横断山脉地区鸡形目共录30种，隶属21属，3族，2科。经统计属东洋界的16种，占53%。属古北界的6种，占20%。广布于古北和东洋两界的仅有雉鸡（*Phasianus colchicus*）一种，占3%。属横断山脉地区特产，或主要分布于横断山脉地区的有斑尾榛鸡（*Tetrastes sewerzowi*），雉鹑（*Tetraophasis obscurus*），四川山鹧鸪（*Arborophila rufipectus*）白尾稍虹雉（*Lophophorus sclateri*），绿尾虹雉（*Lophophorus lhuysii*），藏马鸡（*Crossoptilon crossoptilon*），白腹锦鸡（*Chrysolophus amherstiae*），等7种，占该地区所录种数的23%。由此可见鸡形目鸟类在横断山脉地区所分布种类的区系从属，显示出以东洋界种类为主要成分的特征。该地区由于自然地理条件的特殊性，所以特产种类较为丰富。

横断山脉地区鸡形目种类的居留情况，在所录的30种鸡类中，仅有鹌鹑（*Coturnix coturnix*）一种属旅鸟或冬候鸟之外，其余种类均属留鸟。

## 三、水平分布分析

横断山脉地区的地貌在昌都、巴塘、理塘以北高原面保存相当完整。向南至腾冲，保

山，大理以北，高山耸峙，峡谷深切，成为著名的横断山纵谷区。南部地势显著降低，河谷亦比较开阔，部分河谷降至海拔1000米以下。气候及植被也随之有显著的差异。所以拟将横断山脉地区划分为北段高原地带；中段高山峡谷地带；南段开阔河谷地带等三部分。

北段高原地带主要分布的鸡类有斑尾榛鸡，雪鹑，淡腹雪鸡，高原山鹑，雉鹑，绿尾虹雉等。中段高山峡谷地带主要分布有环颈山鹧鸪，血雉，灰腹角雉，红腹角雉，白尾稍虹雉，藏马鸡，黑鹇，勺鸡，白腹锦鸡等。南段开阔河谷地带主要分布有鹧鸪，绿脚山鹧鸪，红喉山鹧鸪，白颊山鹧鸪，棕胸山鹧鸪，棕胸竹鸡，白鹇，原鸡，孔雀雉，绿孔雀等。

横断山脉地区由于地质历史及地貌的复杂性，对动物种群的分布所起的阻限作用是比较明显的，致使一些种类的分布仅限于局部地区。例如：四川山鹧鸪 (*Arborophila rufipectus*)，仅见于四川大凉山麓的甘洛，屏山一带。黑鹇 (*Lophura leucomelana*)，灰腹角雉 (*Tragopan blythii*)，仅见于独龙江以西及藏东南的局部地区。白尾稍虹雉 (*Lophophorus sclateri*)，仅限于西藏东南部丹巴江上游，东至碧罗雪山以西地区。绿尾虹雉 (*Lophophorus lhuysii*) 局限于青海东南部，四川西部及甘肃南部。

横断山脉地区物种分化也特别明显。血雉 (*Ithaginis cruentus*)，白鹇 (*Lophura nycthemera*)；各录有5个亚种；藏马鸡 (*Crossoptilon crossoptilon*) 录有4个亚种。

## 四、垂直分布

横断山脉地区鸡类的垂直分布情况如图表所示，是十分明显的。结合地形，气候及植被情况，大体上划分为四个垂直带。

1. 开阔河谷热带，亚热带雨林季雨林带：该带为横断山脉的高黎贡山，怒山和云岭的南延部分，哀牢山以西的滇西和滇南地区，海拔1500米以下的宽谷及低山丘陵地带。该带气温高，湿度大，终年无冬，只有旱季和雨季之分。原始植被为热带雨林，季雨林及南亚热带湿性常绿栎类混交林。原始植被破坏之后，替之云南松林，竹林及白茅，飞机草为主的稀树草地，农田耕作边缘。

本带主要分布有鹧鸪，绿脚山鹧鸪，红喉山鹧鸪，白颊山鹧鸪，棕胸山鹧鸪，棕胸竹鸡，白鹇，原鸡，孔雀雉，绿孔雀等10种，占全区鸡类种数的33%。其区系成分均属东洋界种类。

2. 高山峡谷及低中山亚热带季雨林，常绿阔叶林和松林带。本带为滇西纵谷区及川西河谷的低中山地。海拔1500—3000米左右地带，地势较低，受干暖气流沿河谷北上的影响较大，气候温暖而干燥，呈亚热带景象。主要植被以壳斗科植物组成森林，在河谷及溪沟地多呈萌生灌丛。常见的树种有白栎，青岗和石栎，旱冬瓜及桦木等；在干旱的石灰岩山坡常有红栎成片生长；在原始林遭到破坏的林地，通常次生有云南松成密林或疏林。在2600—3000米左右的阴湿山坡见有云南铁杉，丽江云杉和华山松。在干热河谷地区，常有狼牙刺，构子和鼠李等旱生植物灌丛。

该地带主要分布有鹇鹑，环颈山鹧鸪，四川山鹧鸪，灰胸竹鸡，灰腹角雉，红腹角雉，黑鹇，雉鸡，黑颈长尾雉，白腹锦鸡等10种。占全区鸡类种数的33.3%。属东洋界的有5种，占该带鸡类种数的55.5%；属横断山区特有的3种，占33.3%；广布种1种，占11.1%。鹇鹑在该地区是旅鸟或冬候鸟，不计入区系成分。

主要分布于I带的红喉山鹧鸪，棕胸竹鸡，白鹇，原鸡等种类，沿河谷向上分布至本带

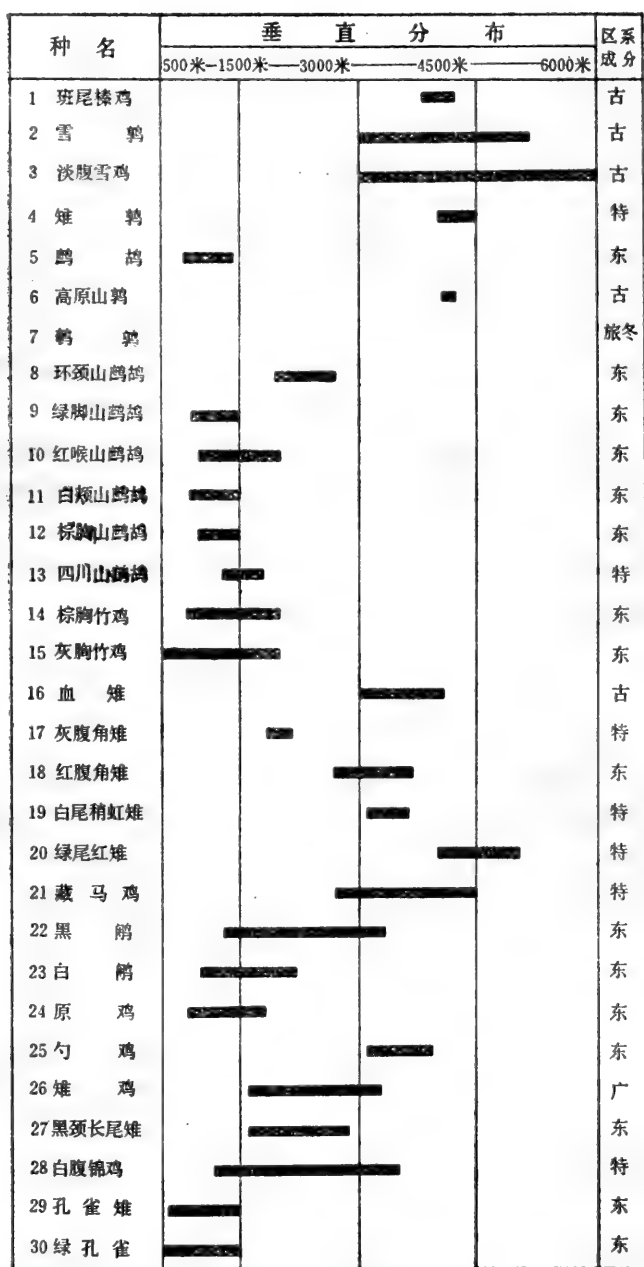


图 1 横断山地区鸡类垂直分布

的下缘海拔2000米左右地带。四川山鹑的垂直分布也具有局限性，据李桂垣等（1974）记录于1300—1800米地带的栎，栗，杜鹃和油茶等阔叶林下的浓密竹丛和灌丛中。

3. 中山及亚高山云杉，冷杉，杜鹃林及高山灌丛草甸带。海拔3100—4500米。地势较高，气候温凉。依地貌可分为高原宽谷及高山峡谷的中上段山地。前者如中甸，木里鸭嘴，理塘毛丫坝，德格马尼干戈，新路海及石渠中区等地。是当地牧场及耕作基地。主要植被有鸢尾、大戟、狼毒、小白花、苔草、禾草和翻白叶等；在沼泽及河滩地带高山柳及灯心草等丛生。草甸上除草本植物外，尚有大面积的矮刺栎灌丛成片分布。草甸周围的阳坡多见矮刺栎、桧柏、小檗等丛生。阴坡一般有发育良好的云杉，冷杉及油麦吊杉等暗针叶林，林下

多间生杜鹃灌丛。

滇西，藏东南和川西的高山峡谷地区的中上段山地，阳坡主要植被为高山栎、高山松、落叶松、桦木等组成纯林；阴坡多为云杉、冷杉、油麦吊杉、林间多着生杜鹃和箭竹。

该带主要分布有斑尾榛鸡、雪鹑、淡腹雪鸡、雉鹑、高原山鹑、血雉、白尾稍虹雉、绿尾虹雉、藏马鸡、勺鸡等10种，亦占该地区所录鸡类种数的三分之一。其区系成分属古北界的有5种，恰为该带所有鸟类的一半。属横断山区特产的有4种，占40%；属东洋界的仅一种，占10%。有趣的是，古北种类仅见于该带。

主要分布于前带的黑鹇，雉鸡，白腹锦鸡在滇西及川西纬度偏南地区，分布区向上延伸至3500米左右的栎林，松林地带。红腹角雉也向上分布至3500米左右的杉林，杜鹃及箭竹林地带。

4. 高山裸岩夏季雪线下缘地带：海拔为4500—6000米左右，为横断山脉地区的高山岭脊地带。由于雪覆盖期较长，气候寒冷而潮湿，并且多风。主要植物为地衣，苔藓和草本，散生于岩石缝隙之间。

该带没有常年留居的鸡类，仅有雪鹑，淡腹雪鸡，绿尾虹雉等种类在夏季随雪线的上升而向上迁移至该地带生活。

## 五、食 性 分 析

在横断山区所录30种鸡形目鸟类中，采集有胃及嗦囊的计20种，共172个胃（嗦囊）。采集有4个以上鸡胃及嗦囊的有14种。各个种的食物成分及遇见频次如前文所述。各种鸡类的胃中均含有一定数量的砂石，在分析中仅以动植物性食物成分计算百分比，砂石不计入内。分析结果证明所录鸡类的食性以植物性食物成分为主，兼食动物性食物。

## 六、横断山区鸡类资源数量的评价

根据野外考察工作中，所遇见各种鸡类的次数和只数，计算出所录种类的遇见率（只/次）。再将遇见率进行比较，视其各种鸡类在该地区的资源数量的多寡。现将比较结果列如下：

1. 遇见率占遇见率总合10%以上的种类有斑尾榛鸡、鹧鸪、高原山鹑、藏马鸡等4种。

2. 遇见率占遇见率总合2—9%的种类有鹌鹑、环颈山鹧鸪、雉鹑、绿脚山鹧鸪、棕胸竹鸡、血雉、白鹇、原鸡、勺鸡、雉鸡、白腹锦鸡等11种。

3. 遇见率占遇见率总合1%以下的种类有雪鹑、淡腹雪鸡、红喉山鹧鸪、白颊山鹧鸪、棕胸山鹧鸪、四川山鹧鸪、灰胸竹鸡、灰腹角雉、红腹角雉、白尾稍虹雉、绿尾虹雉、孔雀雉、绿孔雀、黑颈长尾雉等15种。

从上述比较的情况进行分析，第一类的遇见率比较高，说明现存的资源数量比较丰富；第二类次之；第三类最为稀少。

根据各个种的地理分布情况及资源的相对数量的统计比较结果，建议野生动物的自然保护管理部门，将斑尾榛鸡、雉鹑、四川山鹧鸪、绿尾虹雉、白尾稍虹雉、黑颈长尾雉、灰腹角雉、红腹角雉、孔雀雉、绿孔雀、黑鹇列为国家第一类保护种类；白腹锦鸡（铜鸡）、白

马鸡（藏马鸡）、原鸡、白鹇、雪鹑、淡腹雪鸡（藏雪鸡）、红喉山鹧鸪、白颊山鹧鸪、棕胸山鹧鸪列为国家第二类保护种类；血雉、勺鸡、绿脚山鹧鸪、环颈山鹧鸪列为国家第三类保护种类。

建议在四川西部德格、稻城等地，藏马鸡分布数量较集中的地区，建立藏马鸡自然保护区。在康定建立绿尾虹雉、藏马鸡、雪鹑、雪鸡、血雉等分布于高海拔地区的鸡类人工养殖场。建议在云南西部景东以南的澜沧江流域，泸水以南的怒江流域，以及元江以南的红河流域，绿孔雀分布数量较为集中的地区，建立绿孔雀的自然保护区。在芒市、景洪、澜沧建立分布于热带地区的鸡类的人工养殖场。

建立野生鸡类的自然保护区及人工养殖场，是拯救濒危物种，合理开发利用珍贵的野生动物资源的重大措施，应该引起野生动物自然保护管理部门和鸟类学工作者的重视。

### 参 考 文 献

- (1) 中国科学院昆明动物研究所鸟类组，1980，高黎贡山地区脊椎动物考察报告，科学出版社，24—35。
- (2) 中国科学院《中国自然地理》编辑委员会，1979，中国自然地理——动物地理。科学出版社。
- (3) 四川资源动物志编辑委员会，1980，四川资源动物志第一卷，四川人民出版社，96—98。
- (4) 郑作新，1976，中国鸟类分布名录，科学出版社，117—159。
- (5) 郑作新等，1978，中国动物志鸟纲第四卷——鸡形目，科学出版社。
- (6) 郑作新等，1962—1963，四川西南与云南西北地区鸟类分类研究，动物学报14(2): 541—543。15(2): 314。
- (7) 李桂垣等，1974，我国特产——四川山鹧鸪雌鸟的发现，动物学报20(4): 421—422。
- (8) 李德浩等，1978，西藏东南部地区的鸟类，动物学报24(3): 232—250。
- (9) Bangs, O. 1932, Birds of western China obtained by the Kelley-Roosevelts expedition. Field. Mus. Nat. Hist. Publ. 314, zool. ser. 18: 344—346.
- (10) Delacour, J. 1951, The pheasants of the world. 1—347. Country Life, Limited London; Charles Scribner's New York.
- (11) Riley, J. H. 1926, A collection of birds from the province of Yunnan and Szechwan, China, made for the National Geographic Society by Joseph F. Rock. Proc. U. S. Nat. Mus. 70: 3—5.
- (12) Riley, J. H. 1931, A sceond collection of birds from the province of Yunnan and Szechwan, China, Made for the National Geographic Society by Joseph F. Rock. Proc. U. S. Nat. Mus. 80: 9—12.
- (13) Robert, C. K. 1978, Winter food habits of the ring-necked Pheasant (*Phasianus colchicus*) in Iowa. Iowa State Journ. Res. 52(1): 31—34.
- (14) Rothschild, L. 1926, On the Avifauna of Yunnan, with critical notes. Nov. Zool. 33: 205—215.
- (15) Schäfer, E. and R. M. Schauensee. 1938, Zoological results of the second Dolan expedition to western China and eastern Tibet. 1934—1936. Pt. II, Birds proc. Acad. Nat. Sci. Phila. 90: 189—191.
- (16) Smythies, B. E. 1953, The birds of Burma. 438—451. Oliver and Boyd, London.
- (17) Stone, W. 1933, Zoological results of the Dolan west China expedition of 1931. Pt. 1. Birds. Proc. Acad. Nat. Sci. Phila. 80: 177—180.

# THE DISTRIBUTION AND THE FOOD-HABIT OF GALLIFORMES BIRDS IN THE HENGDUAN MOUNTAIN RANGES OF CHINA

Yang Lan

Pan Ru-liang

Kunming Institute of Zoology, Academia Sinica

## Abstract

The thirty species of Galliformes' birds are recorded from the Hengduan mountain ranges of China, among them 25 species representing 311 specimens were collected during expeditions to that area and 5 species were extracted from Cheng (1978). They belong to 21 genera, 3 tribes and 2 families amounting to 53.6% of the total number recorded in China.

Seven species are completely or mainly restricted in the Hengduan mountain ranges of China. They are *Tetrastes sewerzowi*, *Tetraophasis obscurus*, *Arborophila rufipectus*, *Lophophorus sclateri*, *Lophophorus lhuysii*, *Crossoptilon crossoptilon*, and *Chrysolophus amherstiae*. Their preference for that area has something on the proper features of physical geography in the environment.

172 gizzards (crops) of Galliformes' birds belonging to 20 species were collected and analysed. The result shows that food composition of the plant are more than those of the animal.

In this paper data concerning the localities and times of collection, number of specimen and composition of food are also given in detail. Finally, the horizontal and vertical geographical distribution and the quantity of resource are discussed as well.



## 41. 横断山两栖爬行动物研究——

### 蛙科湍蛙属一新种<sup>①</sup>

江耀明

(中国科学院成都生物研究所)

中国科学院成都生物研究所与昆明动物研究所组成联合考察队,对横断山两栖爬行动物进行考察。1981年6月在云南高黎贡山南端——保山及腾冲县境内,采到湍蛙成体及幼成体8号、蝌蚪若干。1982年5月2—3日,在云南龙陵县采到同种成蛙及幼成体35号、蝌蚪若干,同年5月17—19日,又在腾冲获得同种蛙16号及蝌蚪若干。经鉴定系一新种,描述于后: **绿点湍蛙 新种** *Staurois viridimaculatus* sp. nov.

**模式标本** 正模♂(CIB 820821, 1982年5月18日,云南腾冲大蒿坪,海拔1980米。赵尔宓采); 配模♀(CIB 820346, 1982年5月2日,云南龙陵菜子地,海拔2000米。杨文明采); 副模24♂♂(CIB810484、CIB810557、CIB810591—592,云南保山坝湾公社蒲满哨,海拔1830—1950米,1981年6月7至12日,利思敏等采; CIB820326—344、CIB820360, 5月2—3日与配模同地采到,杨大同等采; CIB820817—820、CIB820822—827, 5月18—19日与正模同时同地采到,苏承业等采); 16♀♀(CIB810593,云南保山坝湾蒲满哨、海拔1830米,1981年6月11—12日; CIB820345、CIB820347—358, 5月2—3日与配模同地采; CIB820828、CIB820830、与正模同地采); 5幼(CIB810748、云南腾冲大蒿坪小平河,海拔2340米,1981年6月21日; CIB820359,与配模同时同地采; CIB820829、CIB820831—832),与正模同时同地采; 保存于中国科学院成都生物研究所、昆明动物研究所。

**鉴别特征** 新种绿点湍蛙与棕点湍蛙 *Staurois loloensis* Liu 相近。与后者的区别在于,新种个体较大、体长: 雄性平均76.3毫米,雌性平均88.1毫米; 后肢长,胫跗关节前达鼻孔至吻端,雄性腿全长为体长的183.1%,雌性腿全长为体长的177.1%; 生活时整个背面及体侧棕色,具略近圆形的绿色斑点; 蝌蚪棕黑色,唇齿式Ⅱ/Ⅲ。棕点湍蛙个体较小,体长: 雄性平均58.3毫米,雌性平均74.2毫米; 后肢较短,胫跗关节达眼前部,雄性腿全长为体长的178.8%,雌性腿全长为体长的163.0%; 生活时整个背面及体侧深绿色,具棕色斑点; 蝌蚪唇齿式为: Ⅲ: 4—4/Ⅱ: 1—1。

**描述** 体长: 雄性(35号)66.0—83.0毫米,平均76.3毫米; 雌性(17号)70.0—97.0毫米,平均88.1毫米。头体扁平; 头长略大于头宽; 吻端圆,突出下颌,吻棱圆,颊部略向外侧倾斜; 鼻孔位于吻眼之间,眼间距小于鼻间距,而大于上眼睑宽; 鼓膜小,不甚清晰; 有犁骨齿; 舌椭圆形,后端缺刻深。下颌前端齿状突微弱。

前肢长,前臂及手长为体长的56.1%(雄性)至57.6%(雌性),指长顺序为3、4、2、1,第一、二指几等长; 指扁,第一指指端吸盘约与鼓膜等大且不具横沟,其余均具大吸盘及横沟; 有指基下疣,关节下疣发达。后肢长,胫跗关节前达鼻孔至吻端,左右跟部重迭较多,腿全长为体长的177.1%(雌性)至183.0%(雄性); 趾扁平,末端均具有吸盘及

<sup>①</sup> 本文承赵尔宓副研究员审阅,并提出修改意见; 染色体由吴贯夫同志制作; 部分标本量度由苏承业同志代测; 文中用图由王宜生同志绘制,特此一并致谢

表1 绿点湍蛙成体量度 (单位: 毫米)

|     | 正模            | 配模            | 副模                           |                              |               | 正模            | 配模            | 副模                           |                              |
|-----|---------------|---------------|------------------------------|------------------------------|---------------|---------------|---------------|------------------------------|------------------------------|
|     | 820821        | 820346        | 34♂♂                         | 16♀♀                         |               | 820821        | 820346        | 34♂♂                         | 16♀♀                         |
| 体长  | 77.6          | 94.3          | 66.0-83.0<br>(76.3)          | 70.0-97.0<br>(87.8)          | 前臂<br>及<br>手长 | 44.0<br>56.7% | 54.0<br>57.3% | 40.0-45.5<br>(42.8)<br>56.1% | 38.5-53.5<br>(50.5)<br>57.6% |
| 头长  | 28.0<br>36.1% | 32.5<br>34.5% | 24.2-29.0<br>(26.7)<br>34.9% | 24.0-33.0<br>(30.5)<br>34.7% | 前臂宽           | 9.0<br>11.6%  | 8.3<br>8.8%   | 7.0-11.0<br>(9.4)<br>12.3%   | 6.5-9.5<br>(8.6)<br>9.8%     |
| 头宽  | 26.0<br>33.5% | 31.0<br>32.9% | 21.0-28.0<br>(25.1)<br>32.9% | 23.0-31.5<br>(29.3)<br>33.4% | 手长            | 28.0<br>36.1% | 34.5<br>36.6% | 24.0-30.0<br>(27.5)<br>36.0% | 27.0-35.0<br>(32.2)<br>36.7% |
| 吻长  | 10.5<br>13.5% | 13.0<br>13.8% | 9.5-12.0<br>(10.7)<br>14.0%  | 9.6-13.3<br>(12.3)<br>14.1%  | 腿全长           | 146<br>188.1% | 161<br>170.8% | 125-148<br>(139.6)<br>183.0% | 123-165<br>(155.4)<br>177.1% |
| 鼻间距 | 9.0<br>11.6%  | 9.5<br>10.1%  | 7.8-10.0<br>(9.0)<br>11.8%   | 7.3-11.0<br>(9.8)<br>11.3%   | 胫长            | 46.0<br>59.3% | 52.0<br>55.1% | 41.5-48.5<br>(45.3)<br>59.4% | 42.5-54.0<br>(50.2)<br>57.2% |
| 眼间距 | 7.0<br>9.0%   | 9.0<br>9.5%   | 6.6-10.0<br>(7.7)<br>10.1%   | 6.0-11.0<br>(8.3)<br>9.5%    | 胫宽            | 9.6<br>12.2%  | 11.7<br>12.4% | 8.5-12.5<br>(10.9)<br>14.3%  | 7.6-13.6<br>(12.0)<br>13.7%  |
| 眼睑宽 | 7.0<br>9.0%   | 6.8<br>7.2%   | 5.0-8.0<br>(6.5)<br>8.5%     | 5.6-8.5<br>(7.0)<br>7.8%     | 跗足长           | 64.5<br>83.1% | 72.8<br>77.2% | 56.0-68.0<br>(62.6)<br>82.0% | 58.5-76.0<br>(70.9)<br>80.8% |
| 眼径  | 9.0<br>11.6%  | 9.5<br>10.1%  | 7.0-10.0<br>(8.7)<br>11.4%   | 7.2-10.5<br>(9.4)<br>10.4%   | 足长            | 45.6<br>58.8% | 51.0<br>54.1% | 38.0-47.0<br>(43.1)<br>56.5% | 40.0-53.3<br>(48.8)<br>55.6% |
| 鼓膜  | 2.5<br>3.2%   | 2.5<br>2.6%   | 2.0-3.0<br>(2.6)<br>3.4%     | 2.0-3.2<br>(2.6)<br>2.9%     |               |               |               |                              |                              |

百分率是各部量度与体长之比, 括号内是平均值

横沟, 略小于指吸盘; 外侧蹠间蹠几达蹠基部; 趾间几为全蹠, 除第四趾外, 蹠均达趾末端, 第一、五趾外侧有缘膜; 关节下疣发达; 内蹠突小, 长椭圆形, 无外蹠突 (图1) 表1。

背面皮肤光滑, 头侧、口角后端及肩部有浅色小疣粒; 颞褶明显, 肛后方及股基部后下方有密布疣粒; 体腹面及四肢腹面皮肤光滑。

**色斑** 生活时整个背面及体侧棕色或灰棕色, 头体背面具略近圆形或椭圆形绿色或黄绿色大斑点, 其间散以绿色小斑点, 体侧亦有绿色小斑点; 四肢背面具不甚规则的绿色横纹或点斑。腹部中央及四肢腹面中部色浅, 其余部分具云斑。趾蹠黑棕色。

**液浸标本色斑** 棕黑色, 绿色斑纹变为淡灰色, 腹中部及四肢腹面中部灰白色, 其余

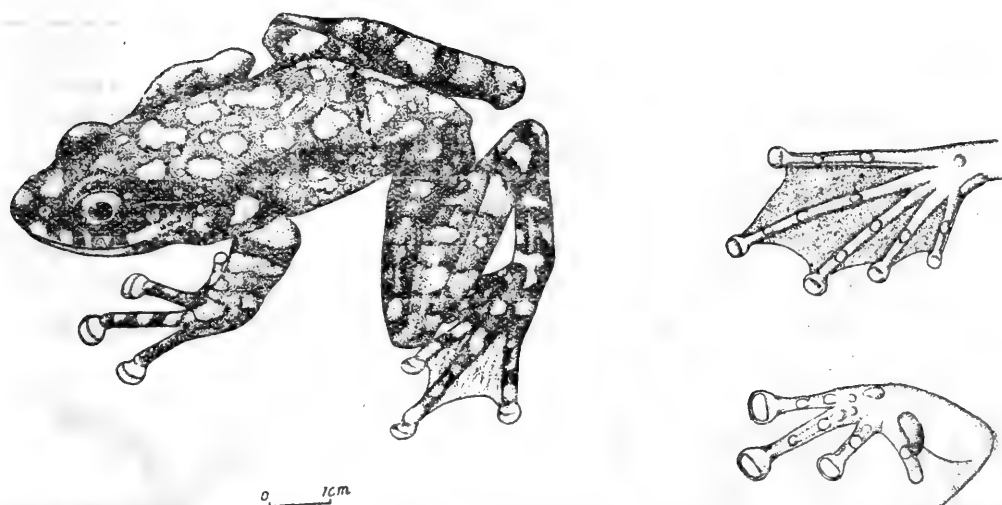


图1 绿点湍蛙 820821♂×1

部分散以云斑。

**二级性征** 雄性个体较小，前肢粗壮，第一指具乳黄色或浅黄色大婚垫。

**蝌蚪** 1981年6月7日，在云南保山县坝湾公社蒲满哨，海拔1850米处流溪内采到不同时期的越冬蝌蚪，体棕黑色，有的后肢芽仅1.5毫米，有的四肢均已出现（图2）。后肢芽刚露出的蝌蚪尾长为体长的1.6倍；体扁平，吻端宽圆而扁，眼位于头背侧，鼻孔距眼较距吻端近；口大唇宽，口角具唇乳突及副突；观察57个蝌蚪唇齿式均为Ⅱ/Ⅲ，上、下唇齿各排均延至口角附近，角质颌适中；口后具大吸盘；出水孔在左侧，具短游离管；尾肌适中，尾鳍低而平直，尾末端圆。肛管长。一般湍蛙蝌蚪在眼后及腹后端有腺体，而此蝌蚪无腺体。

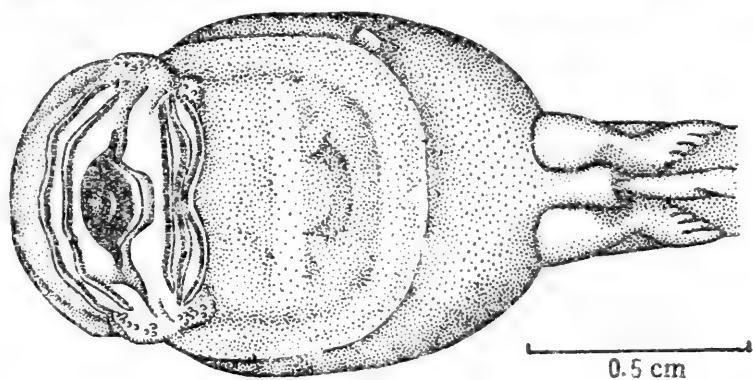


图2 绿点湍蛙蝌蚪

**栖息环境** 成体栖于海拔1830—2340米的山溪内，傍晚在流溪瀑布附近活动，常发现在湿润的石壁、灌木树枝或砍伐的枯枝上，亦见于树根上，受惊即跃入水中。5月中、下旬发现数量较多，6月中、下旬在流溪的数量已大大减少。5—6月发现蝌蚪数量较多，常见于瀑布下之水潭里，以口后之大吸盘附着于石块或水中枯枝。

**繁殖** 体长62.5毫米的蛙，在生殖季节外形不具第二性征，解剖观察为雄性，可见性未成熟；体长70毫米的蛙，卵巢可见小卵粒，看来性已成熟。剖视采于5月上旬的雌性成体，

表2 绿点湍蛙蝌蚪10个量度(云南保山蒲满哨)

|            |                           |     |                               |     |                            |
|------------|---------------------------|-----|-------------------------------|-----|----------------------------|
| 体 长        | 11.0-13.5<br>(11.9)       | 眼间距 | 2.2-3.2<br>(2.7)<br>22.7%     | 尾肌宽 | 2.2-2.8<br>(2.5)<br>21.0%  |
| 体 高        | 4.2-6.0<br>(5.3)<br>44.5% | 口 宽 | 5.0-6.4<br>(5.6)<br>47.1%     | 后肢长 | 7.0-12.0<br>(9.2)<br>77.3% |
| 体 宽        | 6.5-8.0<br>(7.4)<br>62.2% | 尾 长 | 15.4-20.8<br>(17.2)<br>144.5% |     |                            |
| 吻 至<br>出水孔 | 6.2-8.0<br>(7.5)<br>63.0% | 尾 高 | 3.8-5.0<br>(4.3)<br>36.1%     |     |                            |

卵巢卵粒乳黄色, 卵径 $2 \times 2$ 毫米。采于6月中旬的雌性成体, 卵巢卵粒仍为乳黄色, 卵径 $2.5 \times 2.5$ 毫米。估计产卵期在6—7月份。

**寄生虫** 剖视标本8号。保山1雌, 龙陵1雌2幼, 腾冲1雌3幼。腾冲4号标本胸腹腔内均有蛭寄生, 蛙之体长为53.5—70.0毫米, 每只蛙有蛭数为1、2、4、5。在CIB820829号(体长53.5mm.)的胸腹腔左侧, 有蛭5只, 固定后体径:  $12 \times 4$ 、 $16 \times 4$ 、 $20 \times 5$ 、 $24 \times 6$ 、 $28 \times 9$ 毫米; 在CIB820830号(体长70毫米)的胸腹腔左侧, 有蛭1只, 固定后体径为 $44 \times 13$ 毫米。

上述蛭类标本均完整无损, 可能是此种蛙体内的寄生虫。至于该蛭是如何进入蛙的胸腹

图3 *Staurois viridimaculatus* new sp ♀染色体组

腔的，又是在蛙的个体发育中哪一阶段进入体内的，尚待进一步研究。

**染色体组型** 根据雌蛙成体 1 只的观察，染色体 $2n = 26$ （图 3），参考形体大小和臂比指数配成 13 对同源染色体，1—5 对是大型染色体，6—13 对是小型染色体。按相对长度可分成 3 组，第一组仅包含第 1 对染色体，具中部着丝粒，显然大于第二组；第二组包括 2 至 5 对染色体，第 2、第 3 对染色体为亚中部着丝粒；第 4、第 5 对是中部着丝粒染色体。本组各染色体之间，相距梯度明显。第三组包括 6—13 对，均为小型染色体，第 6 对具亚中部和中部着丝粒，在短臂一端有随体（图 4）；第 8 对染色体具亚中部、亚端部着丝粒；第 7、9、11、12 对是中部着丝粒的，第 10、13 对是亚中部着丝粒的。第 9、第 10 对染色体长臂一端靠近着丝粒处有次缢痕，但第 9 对染色体的次缢痕比较微弱。表 3。



图 4

表 3 绿点湍蛙（♀）染色体测量（10个细胞平均值）

| 染色体号 | 相对长度        | 臂 比       | 着丝粒指数      | 类 型   |
|------|-------------|-----------|------------|-------|
| 1    | 155.96±10.5 | 1.24±0.05 | 44.39±1.07 | m     |
| 2    | 126.46±8.4  | 1.84±0.25 | 35.39±3.17 | Sm    |
| 3    | 116.55±3.7  | 2.22±0.26 | 31.22±2.67 | Sm    |
| 4    | 110.35±4.3  | 1.64±0.27 | 38.18±4.04 | m     |
| 5    | 100.86±5.2  | 1.4±0.15  | 41.7±2.58  | m     |
| 6    | 56.12±6.0   | 1.78±0.47 | 36.89±6.22 | Sm、m  |
| 7    | 54.56±2.8   | 1.41±0.17 | 41.44±2.67 | m     |
| 8    | 53.02±2.6   | 2.99±0.6  | 25.63±4.42 | Sm、St |
| 9    | 49.73±2.8   | 1.29±0.21 | 43.8±4.05  | m     |
| 10   | 47.29±4.5   | 2.22±0.67 | 30.14±5.3  | Sm    |
| 11   | 45.77±3.3   | 1.24±0.12 | 44.66±2.54 | m     |
| 12   | 42.15±3.5   | 1.39±0.19 | 41.81±3.39 | m     |
| 13   | 41.0±4.0    | 2.13±0.27 | 31.94±2.55 | Sm    |

**分布** 目前仅发现在怒江以西，高黎贡山南端——保山县坝湾公社蒲满哨，腾冲县大蒿坪，向南到龙陵县菜子地。

### 参 考 文 献

- (1) 刘承钊 胡淑琴, 1961, 中国无尾两栖类, 科学出版社。  
(2) 四川省生物研究所两栖爬行动物研究室, 1977, 中国两栖动物系统检索, 科学出版社。

## STUDIES ON AMPHIBIANS AND REPTILES FROM HENGDUAN MOUNTAIN

### 2. A new species in genus *Staurois* (Ranidae)

Jiang Yaoming

Chengdu Institute of Biology, Academia Sinica

#### Abstract

On 7 to 21 June, 1981, a herpetological survey was made at the southern end of Mt. Gaoligong within the Baoshan and Tengchong counties of province Yunnan. Another survey was made in Longling County of province Yunnan on 2 to 3 May, 1982; and soon after this we switch back to Tengchong County to collect specimens on 17 to 19 of the same month. It has been decided through identification that 35 adult males, 19 females, 5 juveniles and some tadpoles in various developmental stages in the collection should be a new species in the genus, *Staurois*. *Staurois viridimaculatus* Jiang sp. nov.

**Holotype:** CIB 820821, an adult male; type locality, Dahaoping, Tengchong County, Yunnan, alt. 1980 m.; collected by Zhao Ermi on 18 May, 1982.

**Allotype:** CIB 820346, an adult female; type locality, Caizidi, Longling County, Yunnan, alt. 2000 m.; collected by Yang Wenming on 2 May, 1982.

**Paratypes:** 24 adult males, 16 females and 5 juveniles; collected from Baoshan and Tengchong on 7 to 21 June, 1981; from Longling on 2 to 3 May, 1982; and from Tengchong on 17 to 19 May, 1982.

Type specimens are preserved in Chengdu Institute of Biology and Kunming Institute of Zoology, Academia Sinica.

**Diagnosis:** This new species is closely related to *Staurois loloensis* but differs from the latter in that: 1) The average lengths of the male and female, 76.3 mm. and 88.1 mm., respectively, are longer than those of the latter, 58.3 mm. and 74.2 mm., respectively. 2) The tibiotarsal articulation, when carried forward, reaches the region between its nostril and snout,

while that of the latter can only reach the anteorbital region. 3) The living frogs have a brown all over its back and sides, with green, almost rounded spots; those of the latter have a dark green, with brown spots. 4) The labiodental formula of its tadpole is  $\text{II}/\text{III}$ ; that of the latter's  $\text{II}:4-4/\text{II}:1-1$ .

The results of its karyotype are as follows. The diploid number,  $2n$ , equals 26, among which the first five pairs are large, others are small. Three types of chromosomes, metacentric, submetacentric and acrocentric, are observable. The sixth pair has a satellite at the end of the short arm whereas the ninth and tenth have a secondary constriction at the end of the long arm which is close to the centromere.

## 42. 川西、滇北金沙江河谷的植物区系<sup>①</sup>

武素功

李沛琼

(中国科学院昆明植物研究所)

(中国科学院植物研究所)

川西、滇北横断山脉峡谷区位于青藏高原的东部,是青藏高原的组成部分。该区自然条件复杂,植物种类繁多,是研究中国—喜马拉雅,甚而是研究中国植物区系的关键地区之一。自上世纪以来,中外植物学者,对这一地区有过若干次的考察研究,取得了不少资料。但是由于地域广袤,对区内不同地点工作的深度和广度是极不平衡的。因此在1981年的野外考察中,我们选择了过去工作相对较少,而又可独立成为一个地理单元的金沙江河谷及其一些支流作为考察的重点。考察的路线大体在永胜——巴塘之间。

本文是在1981年野外工作的基础上,并部分地吸收了前人的资料,试图对金沙江的河谷地区的植物区系的形成演化作初步探讨。

### 一、金沙江河谷的自然概况

长江从源头至宜宾一段称为金沙江。这一段流经西藏、青海、四川、云南四省区,长约3100公里,约为长江长度的半数。其位置大致在北纬 $27^{\circ}31'$ — $30^{\circ}01'$ ,东经 $78^{\circ}$ — $100^{\circ}05'$ 之间。西侧是伯舒拉岭、怒山、云岭山脉等巨大的横断山系,东北侧则与四川盆地近邻,东南为云贵高原。河谷两侧山地的海拔一般在3000—4000米(分水岭往往超过5000米),江面海拔在1500—2500米之间。两岸高出江面约1000—1500米。

第四纪的冰川运动和现代流水侵蚀,对形成深切的河谷地貌起了主导作用。沿江新构造运动强烈而普遍,谷坡陡峻,物理风化强烈,坡面极不稳定。在火成岩和灰岩分布地区岩石裸露、崩塌和岩屑泻流作用强烈,往往形成悬岩峭壁和倒石碛;而在片岩、千枚岩及板岩分布地区则以滑坡及片状冲刷等形式活动,谷坡比较破碎;在宽谷段有明显的3—4级阶地。

河谷中的土壤主要是山地褐土、红土、山地棕褐土以及山地红褐土和红壤,在河漫滩及背风处常形成河沙堆积。

本流域所处的纬度带大部分地区属中亚热带。两大大气环流交错作用于本区。但高大的山系形成了雨影,而深切的河谷又使气流下沉增温,造成了河谷中的焚风效应。因此与德钦县燕门公社以北的澜沧江河谷段,贡山县松塔雪山以北的怒江河谷段,共同成为西南地区的一个特殊的干旱中心,三江中尤以金沙江为最。但川西、滇北金沙江河谷中不同地段的气候条件也是不完全相同的,石鼓以上河段中温度不是很高,但降水很少,并几乎全部集中在7—9三个月,蒸发量高达降水量的5—6倍(表1)。石鼓以下的河谷段,降水量不算少,但温度相对较高如表2所示,其各项气候指标与元江上游的元江坝,怒江下游的怒江坝有较多的相似之处。

<sup>①</sup> 参加野外考察的还有中国科学院昆明植物研究所李恒、黎兴江、刘伦辉、余有德、李生堂、杨建昆、王立松、施宏宾、陈俊武,中国科学院植物研究所汪楣芝、何其果,中国科学院成都生物研究所浦发鼎,中国科学院热带植物研究所陈瑜、李安明,云南省丽江市文化馆杨加雄



表1 石 鼓 以 上 河 谷 段

| 地 点 | 年平均<br>气 温<br>(℃) | 年降水量<br>(毫米) | 蒸 发 量<br>(毫米) | 相对湿度<br>(%) | 极端高温<br>(℃) | 纬 度    | 经 度    | 海 拔<br>(米) |
|-----|-------------------|--------------|---------------|-------------|-------------|--------|--------|------------|
| 奔子栏 | 16.2              | 336.3        | 2748.1        | 52          | 35.5        | 28°18′ | 99°33′ | 2025.3     |
| 得 荣 | 14.4              | 340.7        | 2205.7        | 46          | 35.7        | 28°43′ | 99°13′ | 2422.9     |
| 巴 塘 | 12.4              | 516.8        | 1928.2        | 47          | 36.0        | 30°05′ | 98°55′ | 2589.2     |

表2 石 鼓 以 下 河 谷 段

| 地 点 | 年平均<br>气 温<br>(℃) | 年降水量<br>(毫米) | 蒸 发 量<br>(毫米) | 相对湿度<br>(%) | 极端高温<br>(℃) | 纬 度    | 经 度     | 海 拔<br>(米) |
|-----|-------------------|--------------|---------------|-------------|-------------|--------|---------|------------|
| 元 谋 | 22.1              | 613          | 4000          | 52          | 42          | 25°44′ | 101°52′ | 1108       |
| 巧 家 | 21.1              | 822.4        | 4000          | 58          | 42.7        | 26°53′ | 101°53′ | 840.7      |
| 渡 口 | 20.4              | 775.4        | 2477.2        | 60          | 26.30       | 26°30′ | 101°44′ | 1108       |

基于上述原因，我们把石鼓以上的谷地称为干旱河谷，石鼓以下的谷地称为干热河谷。

二、植物区系形成的历史背景

植物区系的形成与演化，是植物本身和其他生物有机体与自然条件，如地质历史时期的古地理、古气候、现代诸环境因素共同作用的结果。一个地区区系的形成，除新生的海岛和陆块之外，均有渊源流长的发展历史。在发展过程中，海陆的变迁，山岳的升降，冰川的进退，气候的冷暖变化，均给予植物区系的演变以深刻的影响。

地质资料表明，三叠纪时，我国的昆仑山和秦岭以南的广大地区包括金沙江流域在内，还为古地中海所淹没，一片汪洋。三叠纪末的印支运动使古秦岭更加升高，横断山系和云贵高原也开始形成，特别是太平洋板块向西挤压的结果，使我国东部地区隆起，扬子江向西退缩，在它的消逝处留下一系列的湖沼。这些湖沼被一条由东向西流的水系串连起来，这就是古长江的雏形。当时这一地区的气候炎热，植物种类非常繁茂。据徐仁<sup>(1)</sup>研究，临近地区的晚三叠纪地层中发现有116种植物化石，其中苏铁类就有56种之多。中侏罗世之后，燕山运动使地中海大大缩小，唐古拉山从北部升起，拉萨以东仅残留下很狭窄的一条带，沿怒江、澜沧江流向南面。燕山运动第三幕，长江流域已全部成为陆地，但并未形成峡谷形态，到了晚白垩纪时藏东山地升起，海西退时，可能在它与横断山间留下一条山间河流，即为原始的金沙江。当时仍是热带、亚热带气候。白垩纪是被子植物在陆地上大量发展的时期，可惜在本区尚无白垩纪植物群的报导。第三纪开始的喜马拉雅造山运动，才基本上奠定了本区的基本自然面貌。洱源等地的上新世地层中，已经出现了与现代相近或相同的植物化石如：*Pinus yunnanensis*, *Quercus pseudosemicarpifolia*, *Q. monimotricha*, *Q. gilliana*, *Viburnum ovalifolia*, *Cinnamomum*, *Phoebe* 等。第四纪早期本区的地貌与上新世基本相似，但第四纪的更新世是世界范围内的冰期时代。据一些人的研究，第四纪以来，金沙江流

域曾有四次冰期，特别是更新世早期的金沙江冰期，冰川曾流行金沙江谷地<sup>①</sup>。在冰期、间冰期的气候转变过程中，一方面引起河流和泥沙的改变，河流发生下切、堆积、再下切，最终使金沙江成为现代的峡谷，一方面也引起气候的冷暖变化，促进了植物群进退、升降的演变。据对广布于金江流域昔格达组（亦称混蛋层）地层中的孢粉分析<sup>(2)</sup>，其下段有 *Abies*, *Pinus of. yunnanensis*, *Euphedra*, *Aralia*, *Polygonum* 的花粉，可见具有较寒冷的气候。中段有大量的阔叶树的化石如：*Pterocarya*, *Pistacia*, *Cinnamomum*, *Quercus*, *Betula*, *Carpinus*, *Albizzia*, *Lindera*, *Celtis sinensis*, *Phoebe pseudolanceolata*, *Alangium cf. tiliaefolia* 等。很显然，当时的气候应属亚热带，植物群已接近现代状况。

金沙江的植物区系就是在上述自然条件和历史背景下形成的。

### 三、植物区系的特点

#### （一）水平和垂直分布均有明显差异

如前节所述，金沙江流域各地的地貌形态和气候均有不同，因此植物的水平分布和垂直分布亦有明显的差异。干热河谷段，不仅松栎林可降到谷底，而且有更多的热带性质的种类。以渡口为例，近年来尚发现有大面积的苏铁林。常见的种类则有车桑子 *Dodouaea viscosa*，扭黄茅 *Eeteropogon contortus*，芸香草 *Cymbopogon distans*，拟金茅 *Eulaliopsis binata*，余甘子 *Phyllanthus emblica*，攀枝花 *Cossampinus malabericum*，番石榴 *Psidium guajava*，黄杞 *Engelhardtia colebrookiana*，牛角瓜 *Calotropis gigantea*，刺球花 *Acaccia farnesiana*，麻疯树 *Jatropha curcas*，酸角 *Tamarindus indica* 等。石鼓以上的干旱河谷段，上述一些典型的热带种类如苏铁、攀枝花、黄杞等已经绝迹，代之以一些小叶多刺旱生的灌木种类。

垂直分布方面，干旱河谷的底带植被是从干旱小叶有刺灌丛开始，向上通过以帚菊 (*Pertya phyllocoides*)，虎榛子 (*Ostroyopsis davidiana*)，滇虎榛 (*O. nobilis*)，全缘醉鱼草 (*Buddleja heliophylla*)，六道木 (*Abelia buddleioides*) 等为代表的内中散生耐旱针叶树的过渡灌丛，直接向云、冷杉林过渡。而干热河谷的底带植被近于稀疏草原，向上则是成片的云南松林和残存的常绿阔叶林。然后通过以铁杉 (*Tsuga dumosa*) 为代表，林下混生大量阔叶树种的针阔混交林，过渡到云、冷杉林。

#### （二）种类虽少，但三江干旱河谷共有的特有种多

总的说来，金沙江河谷中植物种类是比较少的，尤其在干旱河谷段则更为简单，但与澜沧江、怒江干旱河谷共有的特有种较多。现以德钦县奔子栏海拔2800米以下的河谷为例，常见和形成优势的种只有49种（见表3）分属于30科40属，其中金沙江河谷特有种仅有6种，而三江共有的特有种却有11种和2变种（两者共占总种数的28%），这也说明三江干旱河谷的植物区系是非常相近的。这些特有种就其隶属来说，属于世界广布或北温带广布的属仅4属，其余的均归于热带或热带分布的属内，如 *Elsholtzia*, *Indigofera*, *Vitex*, *Cynanchum*, *Randia*, *Ceratostigma*, *Premna*, *Dregea*, *Sageretia* 等。同时我们还注意到一些特有种和变种的营养器官具有旱生性的特化，如叶小、被毛、多刺、叶片气孔下陷等。这些事实一方面说明这些特有种在本质上与热带植物区系的联系，一方面也说明特殊的干旱生态环境，对植物种类的演化有很大的影响。

1981年在奔子栏还采到两种新植物，一个是粟米草科的侧蕊草 (*Oligmaria linifolia*)，

① 这一观点尚有争议，需要进一步商讨。

表3 德钦奔子栏的植物

| 中 名     | 学 名                                                   | 分 布                     |
|---------|-------------------------------------------------------|-------------------------|
| 粉 背 蕨   | <i>Aleuritopteris</i> sp. nov.                        | 金沙江河谷特有                 |
| 三角叶金毛裸蕨 | <i>Gymnopteris sargentii</i>                          | 澜沧江、怒江、金沙江河谷特有          |
| 刺 铁 线 莲 | <i>Clematis delavayi</i> var. <i>spinescens</i>       | 澜沧江、怒江、金沙江河谷特有          |
| 景 天     | <i>Sedum stellarifolia</i>                            |                         |
| 石 莲 花   | <i>Sinocrassula indica</i> var. <i>obtusifolia</i>    |                         |
| 刺花莲子草   | <i>Altermanthera pungens</i>                          | 奔子栏, 厦门海边, 南美洲, 云南新记载   |
| 线叶假侧蕊   | <i>Oligmaria linifolia</i>                            | 原产地中海、印度南部。粟米草科是我国科的新记载 |
| 头 花 蓼   | <i>Polygonum capitata</i>                             | 江南各省                    |
| 戟 叶 酸 模 | <i>Rumex hastata</i>                                  | 滇、川、藏干旱地区               |
| 蒺 藜     | <i>Tribulus terrestris</i>                            | 世界干旱地区广布                |
| 灰 绿 紫 堇 | <i>Corydalis adunca</i>                               | 滇北、川西、陕、甘、青、宁、内蒙干旱地区    |
| 豆 办 菜   | <i>Nasturtium officinale</i>                          | 世界广布                    |
| 马 桑     | <i>Coriaria nepalensis</i>                            | 川、甘、陕、鄂、黔、滇、藏; 喜马拉雅地区   |
| 仙 人 掌   | <i>Opuntia ficus-indica</i>                           | 三江干旱河谷                  |
| 土 沉 香   | <i>Excoecaria acerifolia</i> var. <i>gennina</i>      |                         |
| 续 遂 子   | <i>Euphorbia lathyris</i>                             | 滇、川、藏、桂; 欧洲             |
| 黑 面 神   | <i>Laptopus</i> sp.                                   |                         |
| 华西小石积   | <i>Osteromeles schweriana</i> var. <i>microphylla</i> | 陕、甘、川、滇                 |
| 全 缘 火 棘 | <i>Pyracantha atalentioides</i>                       | 陕、鄂、湘、川、滇、黔、粤、桂         |
| 云南绣线菊   | <i>Spiraea yunnaensis</i>                             | 金沙江、怒江河谷特有              |

续表 3

| 中 名     | 学 名                                         | 分 布                |
|---------|---------------------------------------------|--------------------|
| 岷江木兰    | <i>Indigofera lenticellata</i>              | 三江干旱河谷特有           |
| 马鞍叶羊蹄甲  | <i>Bauhinia faberi</i>                      | 滇、川、黔、鄂、陕、桂        |
| 白 刺 花   | <i>Sophora vicifolia</i>                    | 滇、川、藏、陕、甘；喜马拉雅地区   |
| 雀 梅 藤   | <i>Sargeretia horrida</i>                   |                    |
| 清 香 木   | <i>Pistacia weinmannifolia</i>              | 川、滇、藏、黔、桂          |
| 迎 春 花   | <i>Jasminum nudiflora</i>                   | 鲁、豫、晋、陕、甘、川、黔、滇    |
| 皱叶醉鱼草   | <i>Buddleja crispa</i>                      | 干旱地区普遍             |
| 小叶鹅绒藤   | <i>Cynanchum anthonyanum</i>                | 丽江至中甸金沙江河谷，北至乡城、得荣 |
| 丽 子 藤   | <i>Dregea yunnanensis</i>                   | 甘、川、滇、藏            |
| 小叶野丁香   | <i>Leptodermis microphylla</i>              | 三江干旱河谷特有           |
| 薄 皮 木   | <i>L. oblonga</i>                           | 金沙江、怒江河谷特有         |
| 丽江山黄皮   | <i>Randia likiangensis</i>                  | 金沙江干旱河谷特有          |
| 蒿       | <i>Artemisia</i> sp.                        |                    |
| 小 兰 雪   | <i>Ceratostigma minus</i>                   | 川西、滇北，南达蒙自         |
| 倒 提 壶   | <i>Cynoglossum</i> sp.                      |                    |
| 多枝滇紫草   | <i>Onosma multiramosum</i>                  | 澜沧江、怒江、金沙江干旱河谷特有   |
| 贝叶珊瑚苣苔  | <i>Corollodiscus conchifolius</i>           | 金沙江、澜沧江干旱河谷特有      |
| 光萼珊瑚苣苔  | <i>C. flabellatus</i> var. <i>leiocalyx</i> | 川、滇、藏干旱地区          |
| 角 蒿     | <i>Incarvella arguta</i>                    | 滇、黔、川、藏；喜马拉雅地区     |
| 红 花 角 蒿 | <i>I. sinensis</i> var. <i>variabilis</i>   | 陕、甘、川、滇、藏          |

续表 3

| 中 名     | 学 名                                            | 分 布              |
|---------|------------------------------------------------|------------------|
| 小叶灰毛蕨   | <i>Caryopteris forrestii</i> var. <i>minor</i> | 金沙江河谷特有          |
| 少衣豆腐柴   | <i>Premna oligantha</i>                        | 澜沧江、怒江、金沙江干旱河谷特有 |
| 小叶荆条    | <i>Vitex microphylla</i>                       | 金沙江干旱河谷          |
| 马 鞭 草   | <i>Verbena officinalis</i>                     | 世界广布             |
| 头 花 香 蒿 | <i>Elsuoltzia capituligera</i>                 | 澜沧江、怒江、金沙江干旱河谷特有 |
| 堇花香茶菜   | <i>Rabdosia wikstroemia</i>                    | 澜沧江、怒江、金沙江干旱河谷特有 |
| 多刺天门冬   | <i>Asparagus myriacanthus</i>                  | 澜沧江、怒江、金沙江干旱河谷特有 |
| 云 南 百 部 | <i>Stemona moirei</i>                          | 金沙江干旱河谷特有        |
| 黄 细 辛   | <i>Boehavia diffusa</i>                        |                  |

本种广布于地中海南岸及印度南部，为我国科的新记载。另一个是苋科的刺花莲子草(*Alternanthera pugens*)。本种原产南美洲，过去仅知我国厦门海边有分布。这两种植物虽是热带性的杂草，但在奔子栏的出现，也多少可以说明那里的气候的干热程度，以及与地中海植物区系和热带植物区系的某些联系。

### (三) 喜阳耐旱的灌木种类占优势

干旱河谷的植物，喜阳耐旱的灌木种类占绝对优势。这些植物均或多或少的具有旱生结构，这对于适应干旱河谷的特殊生境有重要的生物学意义。其表现为①多刺，许多灌木的叶轴或小枝硬化或变成刺状，既可减少水分蒸发，又可对叶和花芽起保护作用，防止动物的啃食如 *Sageretia horrida*, *Jasminum nudiflora*, *Randia likiangensis*, *Ceratostigma minus*等。②叶形小而多毛，这也是减少水分蒸发的一种方式。多刺天门冬(*Asparagus myriacanthus*)的小叶甚至变成刺状。有些种类如 *Bauhinia faberi*，在干旱河谷中的植株很矮，叶形显著变小，某些作者曾据此处理为另一种或变种即 *B. micropylla*，但实地观察，在同一地点的背风处植株较高，叶形也大得多，呈现出明显的生态可塑性。③叶或茎肉质化如仙人掌、黄细辛，景天等。④丛冠呈半球形，分枝交错密集，为植株本身造成相对湿润的小环境，以防止日光的灼伤，如 *Elsholtzia capituligera*, *Artemisia* sp., *Leptodermis oblonga* 等等。此外如具发达肥厚块根，也均属旱生结构。

### (四) 关于特有属的讨论

初步统计，在金沙江及其支流河谷，高等植物约占 300 余属，其中 5 个是特有属，3 个是以金沙江河谷为分布中心，向西延伸至澜沧江、怒江或雅鲁藏布江东段河谷，为干旱河谷

的特有属。这8个属中的7个是单种属，1个是少种属，没有多种属。

金沙江河谷的特有属是地涌金莲属 (*Musella*)，芒苞草属 (*Acanthochlamys*)，罂粟莲花属 (*Anemoclema*)，葶花属 (*Skapanthus*) 和炉菊木属 (*Nouelia*)。

干旱河谷特有属是复芒菊属 (*Formania*)，短檐苣苔属 (*Tremacron*) 和金铁锁属 (*Psammosilene*)。

下面分别对各特有属进行讨论：

1. 地涌金莲属 (*Musella*) 单种属，隶属芭蕉科。本属在形态上以花及苞片与序轴合为一体的特征，显示出与象腿蕉属 (*Enseta*) 极密切的亲缘关系，而与同科的另一属双连花属及苞片独自地着生在序轴上的芭蕉属 (*Musa*) 关系较远。象腿蕉属间断地分布在热带非洲、马达加斯加、印度、马来西亚以及我国云南的南部。这种间断分布的本身，肯定了这个属的古老性。地涌金莲属特产于金沙江及其支流安宁河谷。在形态上与象腿蕉属的区别在于假茎矮化，具水平根状茎，花序密集如球穗状。这些特征的形成，显然与河谷的干热生态环境有关。这是适应性特化的产物。地涌金莲属或许是象腿蕉属在高原隆升的过程中分化的结果。

2. 芒苞草属 (*Acanthochlamys*) 单种属，隶属于石蒜科。这是近几年来才发现的一个新属，特产于四川西部乡城至马尔康段，金沙江支流的干旱河谷中。从芒苞草属特殊的营养器官看，在单子叶植物中很难找到它的近亲。它比较接近于石蒜科、百合科和小金梅科，但还没有充分的证据表明它们之间有直接的亲缘关系。根据本属植物的聚伞花序和花冠状花被，6枚雄蕊，子房下位等特征，已被置于石蒜科之下，并立为芒苞草亚科 (*Acanthochlamdoideae*)。但本属具叶状苞片则为石蒜科所没有。叶的构造与子房下位与百合科也相距甚远。根据上述特点，可以认为芒苞草属的系统位置是相对孤立的，有充分的理由认为该属的起源是古老的。

3. 罂粟莲花属 (*Anemoclema*) 也是单种属，隶属于毛茛科。本属与银莲花属 (*Anemone*)、白头翁属 (*Pulsatilla*) 是近亲，但又以基生叶呈典型的羽状分裂形式与上述两属明显有别。在毛茛科中既具有羽状分裂复叶的属、也有具掌状三裂单叶的属，而某些典型的羽状分裂的复叶中，可发现由掌状三裂叶演变而来的痕迹，从而证明了毛茛科的羽状复叶系由掌状三裂叶演化而来。本属三裂叶的痕迹基本消灭，说明本属叶子的形态比毛茛科各属更为进化。在花的构造上，本属也与银莲花属相近，但又以心皮具被毛的长花柱，花柱受精后伸长呈尾状等特征近似于白头翁属<sup>(5)</sup>。很显然，它是由银莲花属向白头翁属过渡的居间类型。本属的花粉形态外貌为球形，较大，具12条散沟，外壁具刺状雕纹<sup>(6)</sup>。这种多沟具刺类型的花粉，在毛茛科中是相当特化的。在地理分布上银莲花属，广布于新旧大陆的温带山地，在我国则以西南山地最为集中。本属则局限地分部在洱源、永胜至四川稻城、木里一带金沙江及其支流，海拔3000米以下的干旱河谷中 (图1)。综合以上分析，似可以认为本属是银莲花属在特殊的地理环境下，分化出来的一个新的分枝 (见图2)。

4. 葶花属 (*Skapanthus*) 隶属于唇形科，有一个种两个变种。特产于云南西北部洱源至中甸、四川木里的金沙江及其支流的干旱河谷中，在海拔3000米以下的山坡上。本属与香茶菜属 (*Rabdosia*) 亲缘关系密切。后者间断分布于非洲，亚洲的热带和亚热带，以及大洋洲、太平洋岛屿上，少数种向温带扩展达日本和苏联的远东地区，是一个热带起源并相对古老的属 (图3)。这两个属的亲缘关系以十分一致的花部结构得以揭示，但又以前者的花冠三深裂，中裂片宽大，顶端2浅裂，后一对花丝基部外侧有毛与后者的花冠上唇具相等的圆裂，花丝一般无毛相区别。如果说本属花冠3裂，保留了较原始的形状，显示出自上唇3



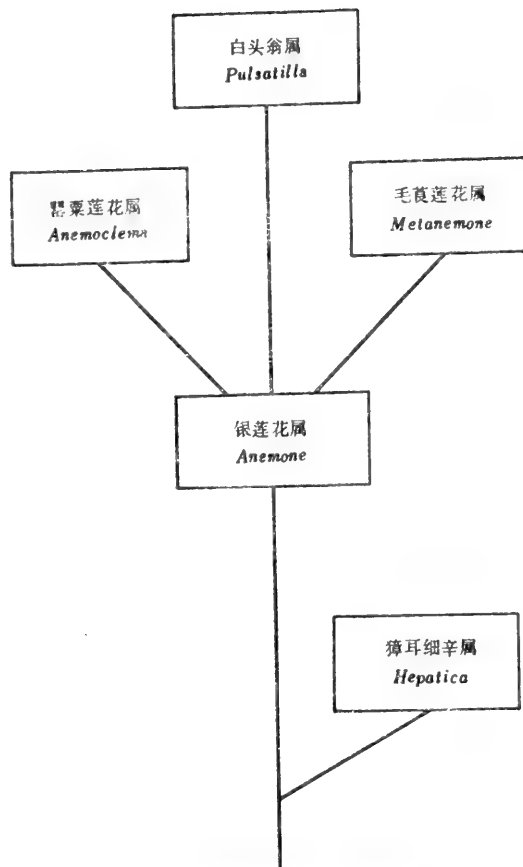


图2 银莲花族衍化示意图

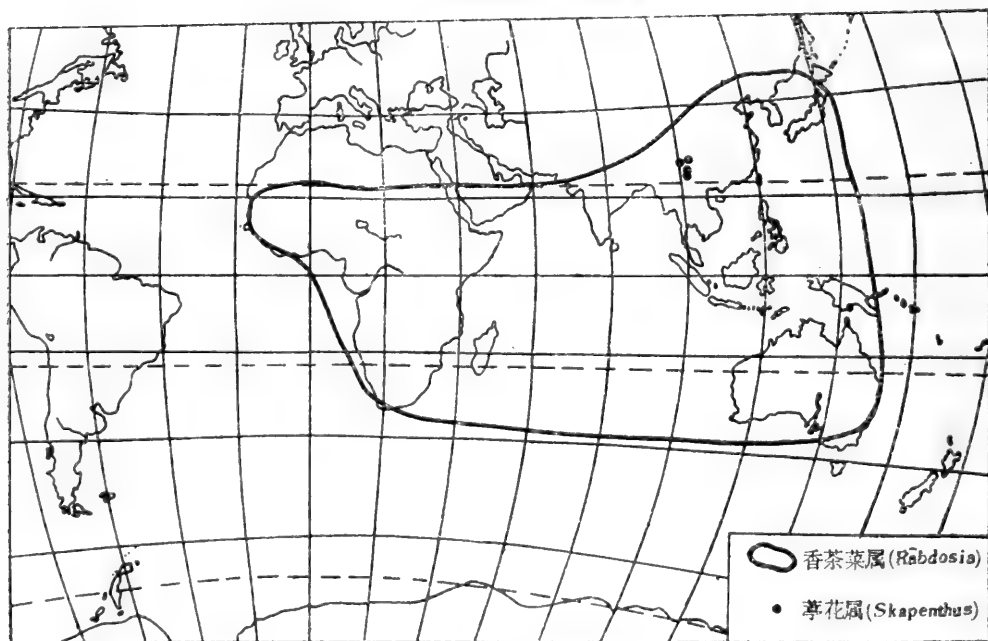


图3 葶花属(*Skapenthus*)及其邻近属茶菜属(*Rhabdosa*)的分布图



裂的祖先进化而来的痕迹<sup>(7)</sup>，那么香茶菜属具4圆裂片的花冠上唇，同样显示出自3裂上唇的祖先进化而来的痕迹<sup>(8)</sup>。因此，我们认为这两个属或许是由共同祖先发生的，而本属则是干旱河谷的特殊生态环境的生态适应性的产物。

5. 栌菊木属 (*Nouelia*) 隶属于菊科的单种属科下归帚菊木族 (Tribe Mutisidae)。本属特产于米易、渡口、元谋一带的金沙江河谷及其支流安宁河谷中 (图4)。灌木或小乔木状。菊科的灌木生活型是该科的一种原始的生活型，草本或乔木习性往往是由灌木衍生出来的看法已被普遍接受。可以设想栌菊木属在菊科中至少是一个相对地古老的属。从地理分布上看，菊科中的木本植物多半产于南半球的热带或亚热带地区。而北半球或温带及寒带地区相对较少。栌菊木属的近缘属是南美—热带东南亚间断分布的白菊木属 (*Gochnetina*)。可以说，栌菊木起源比较古老，与古南大陆有关系，而在金沙江河谷中保存下来是可信的。

6. 复芒菊属 (*Formania*)。菊科春黄菊族 (Tribe Anthemidae)，现知仅一种。原来只记载于澜沧江河谷，这次在奔子栏和巴塘的竹巴龙采到，对三江河谷植物区系上的共同性，又是一个例证。本属与喜马拉雅的特有属扁芒菊属 (*Waldhamia*)，中亚荒漠地区的特有属小甘菊属 (*Cancrinia*)，有较密切的亲缘关系。它们可能出自劳亚古陆南缘的一个共同祖先，伴随着菊科植物对环境的适应性辐射，后两属分别沿着适应高原和荒漠的途径特化，而本属则沿着金沙江干旱河谷特化。它们均是对不同环境条件适应的产物 (图4)。

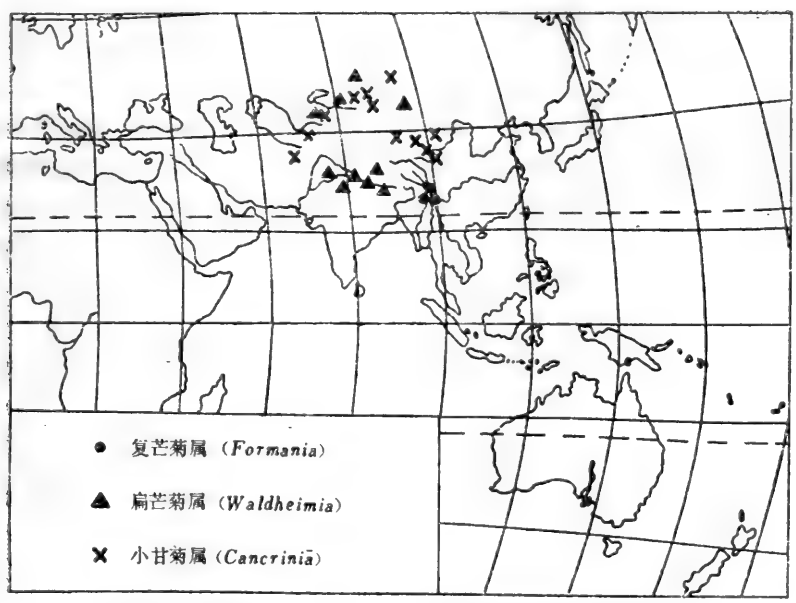


图4 复芒菊属 (*Formania*) 及其邻近属的分布图

7. 短檐苣苔 (*Tremacron*) 苦苣苔科的少种属。全属3种，特产于永胜、元谋一带的金沙江河谷，向西可分布到西藏雅鲁藏布江谷地。本属的花冠两侧对称，具4枚发育的雄蕊，与广布于长江以南各省区的马铃苣苔属 (*Oreocharis*) 接近。但后者的花药药室平行，开裂时不汇合，被认为在苦苣苔科中是较原始的类型。本属所具有的花药药室叉开，在开裂时顶部汇合的特点则可能是由平行的花药演化而来。可能出自与马铃苣苔相类似的祖先，进

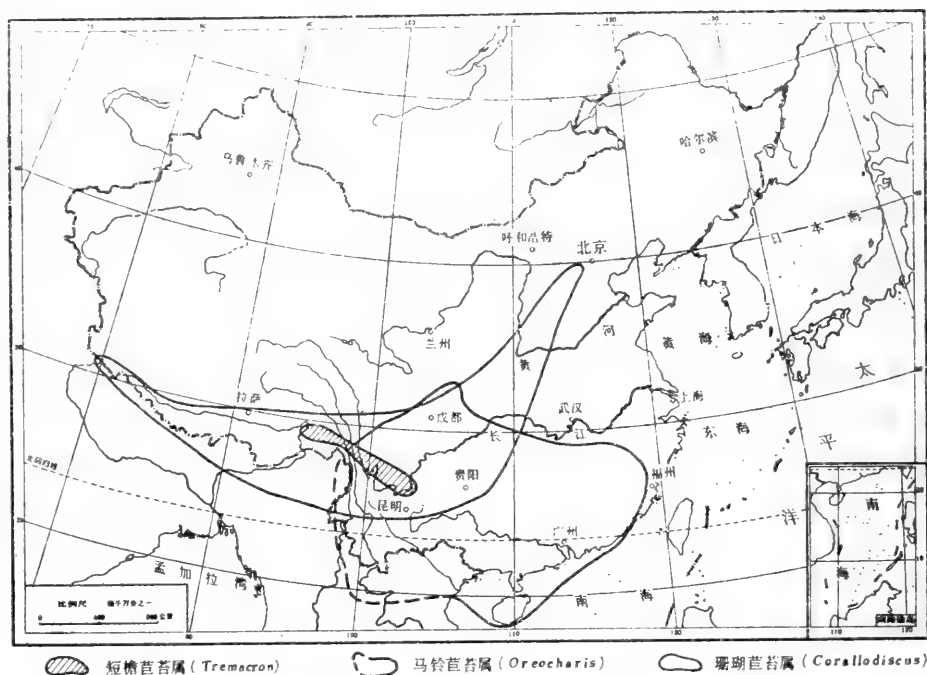


图5 矮檐苣苔属 (*Tremecron*) 及其邻近属的分布图  
(据王文采资料)

而特化了的类型。

8. 金铁锁属 (*Psammosilene*) 隶属于石竹科。分布于川西, 滇北的金沙江流域, 向西至怒江和雅鲁藏布江, 向东可达贵州西北部 (图6)。在河谷至松林或栎林过渡带的局

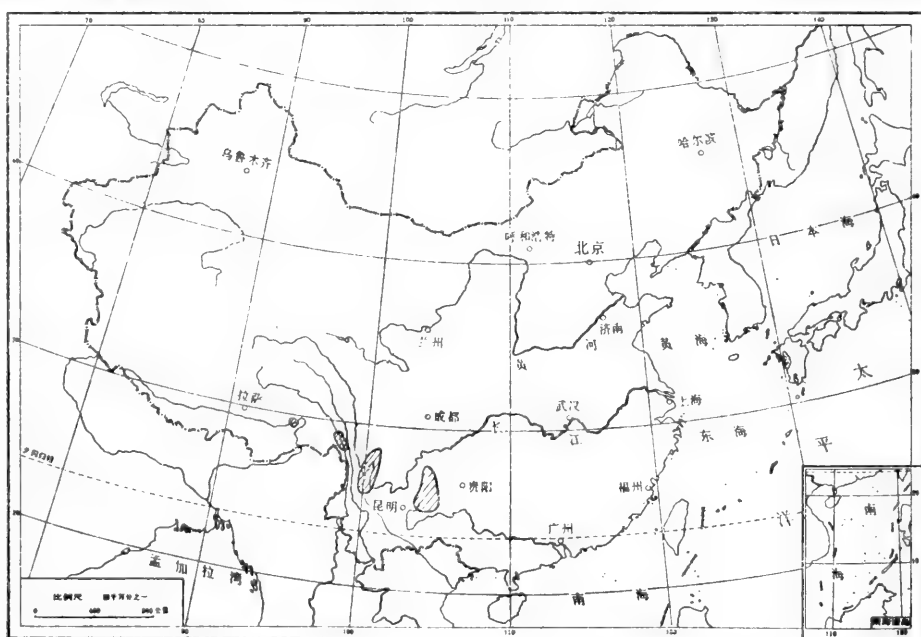


图6 金铁锁属 (*Psammosilene*) 的分布图  
(据吴征镒、王荷生1983.略有补充)

部地区颇为常见。本属与分布于北温带，以地中海区域为分布中心的绳子草属 (*Silene*)，特别是与以地中海为分布中心的膜萼花属 (*Tunica*) 是近缘，其起源可以追溯到第三纪古地中海尚未从本区退出之前。

通过上述的分析，可以看出其中有3个属即牻牛儿苗属、芒苞草属、金铁锁属起源较古老，并与古地中海和古南大陆有联系，而另外的5个属是新特有属，它们都是在横断山脉形成，河谷下切，出现了干旱和干热的特殊生境之后演化而成的。

#### (五) 一些重要区系成分的分析

据不完全的统计，金沙江河谷地区的植物种类、蕨类植物约有30属，被子植物约有380属。全面分析这些属，目前尚有一定的困难，我们仅着重根据1981年的资料，对一些重要成分进行初步分析，以此来探讨金沙江河谷植物区系的发生演变以及与周围地区的联系提供依据。

金沙江河谷中的蕨类植物是比较稀少的，仅有30属40余种，大部分是旱生性的种类。其中以中国蕨科和裸子蕨科为显著的成分。中国蕨科的中国蕨属 (*Sinopteris*) 是我国的特有属，全属3种，一种分布到陕西、甘肃、贵州、湖北西部、向北达河北东北部山地，另两种是金沙江及其支流雅砻江河谷的特有种。这个属具有瓦楞状的叶脉，每个囊群中只有少数的孢子囊，孢子囊具阔环带，已被认为是本科中较原始的类型。中国蕨科另一个较大的属，粉背蕨属 (*Aleuritopteris*) 在全世界有30余种，星散分布于非洲、亚洲和美洲的热带、亚热带山地。我国有25种，主要分布于西南山区，而以金沙江流域为分布中心<sup>(9)</sup>。本属很可能起源于古南大陆，在大陆解体后形成现在的分布格局。金沙江流域是其分化发展的次生中心。裸子蕨科的金毛裸蕨属 (*Gymnopteris*)，共6—7种，间断分布于热带美洲和中国—喜马拉雅地区，只有一种分布到欧洲中部。我国有5种，金沙江流域均产，其中并有一特有种 (*G. sargentii*)。在美洲热带和亚洲热带间断分布的例子，是不多见的，因这两块大陆早已分离。因此，具有这种分布格局的属，其古老性是不言而喻的。

裸子植物在金沙江河谷中种类更少，但近年来在渡口市附近发现苏铁属的一个新种，却是十分有意义的<sup>(10)</sup>。众所周知，苏铁属 (*Cycas*) 起源十分古老，现在只分布于亚洲的热带和大洋洲，金沙江可能是其分布的北界，很有可能是冰期中在避难所中保存下来的。

1981年在金沙江及其支流河谷，共采到被子植物273属，其中有32属是世界广布属，在区系分析中可以不计，有91属是热带分布的属，占总属数的37.8%，比例不算高，考虑到1981年的工作主要在干旱河谷段，这一比例显然较实际数偏小。金沙江河谷是其中一些属的分布北界。如使君子科的榄仁树属 (*Terminalia*) 为泛热带分布，全世界约有120种，常构成热带雨林和季雨林的建群树种。如千果榄仁树 (*T. myriocarpa*)，即为我国藏东南、云南南部、台湾、海南等地季雨林中上层的优势种。金沙江、澜沧江河谷有两个特有种 (*T. intricata*, *T. franchetii*) 向北可直至巴塘。这两种均为小乔木，其叶小而多毛，显然是在旱生条件下特化的结果。另一些为灌木、半灌木或草本习性的植物成分追溯其渊源，仍可见到由热带森林成分演化来的痕迹。如紫葳科的角蒿属 (*Incarvillea*)。紫葳科是一个热带的科，除角蒿属外均为乔木。角蒿属共有14种，分布于中亚、印度和我国西南地区，北到陕西甘南，有一种到阴山山脉和东北，而以青藏高原和喜马拉雅为分布的中心。本属包括两个类型，一个以两头毛 (*I. arguta*)，叶为羽状，种子两端具毛，曾被一些作者认为独立属。分布于干旱和干热的河谷，是金沙江河谷的习见种。另一类型种类较多，叶为单叶或复叶，种子一端具毛，分布于3000米以上的高山、亚高山草地。从花部构造和羽状复叶等

性状判断，此属无疑是从紫葳科的一些乔木类型演化而来，在其后分别向河谷和高山的发展中又有了分化。与之相近似的例子还有栋科的地黄连属 (*Munronia*)，这是栋科唯一的半灌木属，全属约 13—15 种，分布于东亚的热带，包括斯里兰卡、印度、印度尼西亚、菲律宾 (图 7)。我国有 6 种，金沙江河谷中有一特有种 (*M. delavayi*) 也是该属分布最北的种。

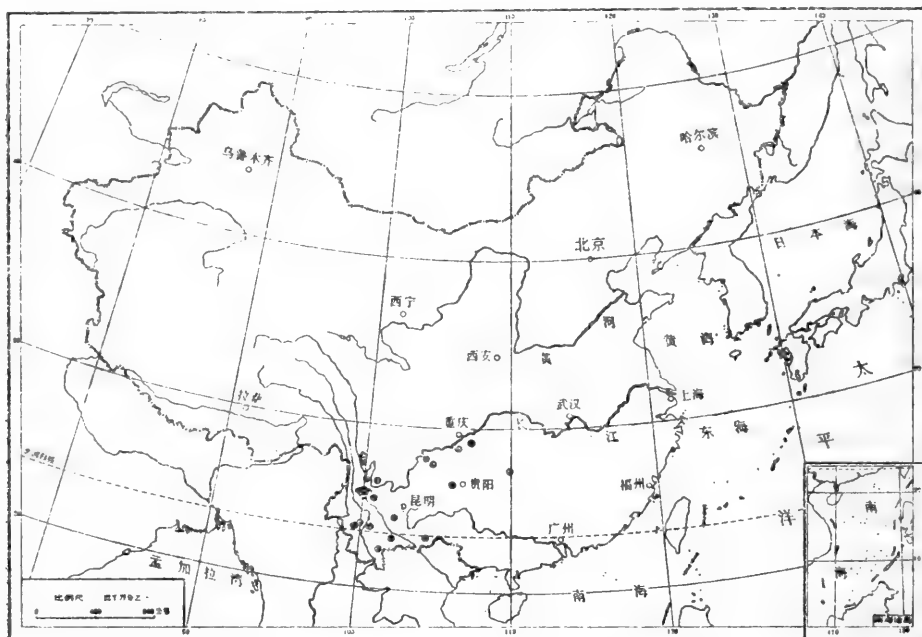


图 7 地黄连属 (*Munronia*) 在中国的分布

属于泛热带分布的属，尚有马鞭草科的荆条 (*Vitex*)、腐婢 (*Premna*)、豆科的羊蹄甲属 (*Bauhinia*)、禾本科的菅草属 (*Themeda*)，这些属在金沙江河谷均有代表，但均变成灌木状，叶变小，程度不等地旱化了。

热带分布属中，亚洲热带和非洲间断分布的属有葡萄科的九节铃属 (*Ampelocissus*)。本属有 45 种，主要分布在非洲和亚洲的热带，我国有 3 种，分布于从丽江到布拖的金沙江河谷，一种可以到云南高原。萝藦科的南山藤属 (*Dragea*)，共 12 种，我国有 4 种 4 个变种，主要分布于金沙江河谷，北至四川的小金，东至湖北三峡，南达云南高原。

无患子科的车桑子属 (*Dodonaea*)，金属 54 种，分布在世界各大洲的热带。澳大利亚有 52 种，为现代分布中心。其中车桑子 (*D. viscosa*) 分布于世界热带海滨。金沙江河谷的渡口、永胜、华坪、丽江等地也有分布，它们只能是海退后的残留。

除上面讨论过的 8 个特有属之外，金沙江河谷尚有两个我国的特有属。一个是桦木科的虎榛子属 (*Ostryopsis*)，全属共 2 种。滇虎榛子 (*O. nobilis*) 特产于丽江、中甸、德钦一带的金沙江谷地。虎榛子 (*O. davidiana*) 则间断分布于金沙江河谷和秦岭以北的黄土高原 (图 8)。本属与榛属 (*Corylus*) 在亲缘关系上非常接近，其起源的古老性，似乎无可置疑。另一个是百合科的鹭鸶兰属 (*Diurathera*)。本属共 3 种，主要分布于云贵高原与金沙江及其支流的谷地。沿金沙江向北达巴塘。

在前面第三节中已经指出，金沙江流域曾是古地中海的一部分，即使古地中海退出成陆地，仍会受古地中海气候的强烈影响，从这一地区的现代植物区系中，也可以发现其渊源。

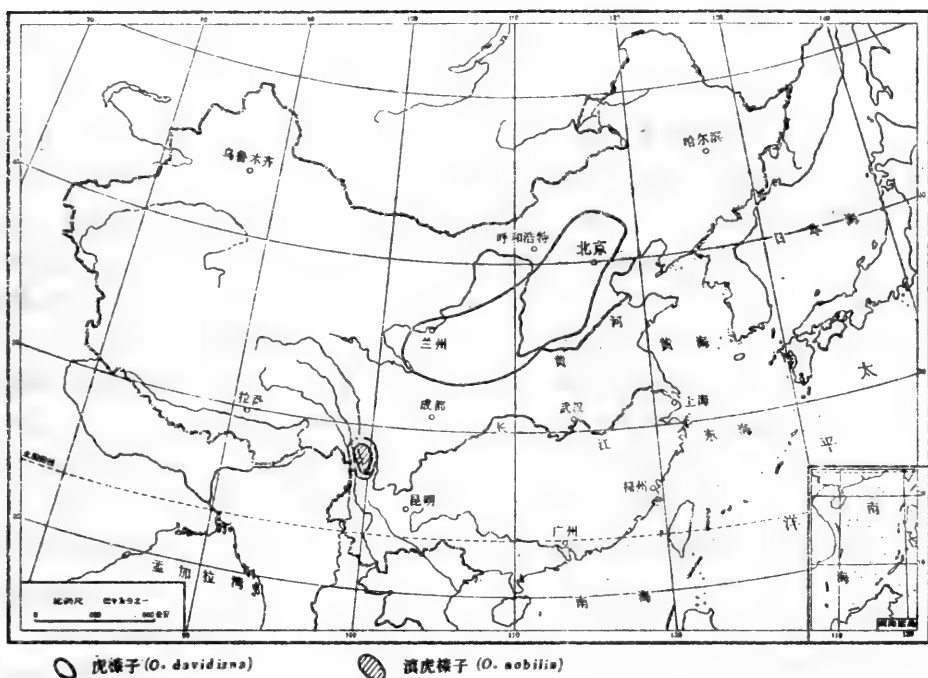


图8 虎榛子属的分布

如百合科的独尾草属 (*Eremurus*)、豆科的鱼鳔槐属 (*Colutea*)、漆树科的黄栌属 (*Cotinus*) 等。独尾草属约有20种，分布于中亚、西亚。我国有4种，有3种产新疆，一种产金沙江流域，北至四川的小金和甘肃南部（岷县、曲丹、武都）。黄栌属共5种。分布于欧洲的南部和北美温带。我国有3种，金沙江流域是其南界。丽江附近尚有一特有种 (*C. nana*)。这个属起源于古北大陆。据研究，南欧第三纪中新世地层中发现的化石种，形态上与现代种无大区别<sup>(11)</sup>。鱼鳔槐属约有12种。分布于地中海地区。我国有两种。一种产西藏西部的狮泉河河谷，另一种 (*C. delavayi*) 是金沙江河谷的特有种。漆树科的另一个属，清香木属 (*Pistacia*) 约有10种。分布于地中海沿岸的阿富汗、亚洲中部、东部和东南部以及中美洲的墨西哥，危地马拉。我国有3种，有两种分布较广，而清香木 (*P. weinmannifolia*) 则分布于贵州西部，四川西南部，西藏东南部以及云南各地，是干旱、干热地区的习见乔木。本种同现在分布于地中海区域及亚洲西部的蕁笃香 (*P. terebinthus*) 和 *P. lentiscus*，在形态上十分相近，而且所产的树脂成份相似。蓝雪科的紫金栎属 (*Ceratostigma*)，也是金沙江河谷的优势属。李恒<sup>(12)</sup>最近对该属进行了研究，认为该属是起源于老第三纪古地中海沿岸的热带区，但现在的种是在新的环境适应过程中的衍生物。

由高山栎类组成的植物群落是我国西南地区包括西藏南部和喜马拉雅地区的一种主要植被类型，在阳坡常常从谷地一直分布到4200米的高山，跨越了几个垂直带谱。高山栎类现在主要分布于地中海周围，我国分布于秦岭以南，特别是在西南山地最为集中，金沙江流域就有14种之多。这些种同地中海沿岸的 (*Quercus ilex*) 在形态上非常接近。古植物资料也证明，在第三纪本地区即有与现代同种的高山栎分布。因此我们认为高山栎类原来就存在于古地中海南岸，海退之后在冰期中仍然保存下来，繁衍至今并在长期的演化中，又产生了一些更为耐旱的类群。所以高山栎类林也应是本区的原生植被。

## 五、结 语

1. 金沙江河谷各段因地理位置、气候条件、地貌类型不同而在植物分布上也有很大的分异。以上述诸因素为据,将石鼓以北称为干旱河谷,以南为干热河谷。干旱河谷中的底带植被是小叶有刺的干旱灌丛,其上有一以帚菊、虎榛子、高山栎类为主的过渡带,再向上是云南松林;干热河谷中的底带植被近于稀树草原,上接云南松林和残存的常绿阔叶林。

2. 金沙江河谷中的植物种类,相对而言比较贫乏,但特有类群较多。有5个特有属。它们是地涌金莲属(*Musella*)、芒苞草属(*Acanthochlamys*)、罂粟莲花属(*Anemoclema*)、葶花属(*Skapanthus*)和栌菊木属(*Nouelia*)。另有3个与澜沧江、怒江共有的特有属即:复芒菊属(*Formania*)、短檐苣苔属(*Tremacron*)和金铁锁属(*Psammosilene*)。以上8个属中有3个属是古特有属,它们的起源可能同古热带和古地中海有关,5个是新特有属,它们具有数较多的特有种,是在干旱和干热河谷的特殊生态环境中,演化形成的。

3. 金沙江河谷中,热带成分的属约占37.8%。其中如榄仁树属(*Terminalia*)、地黄连属(*Murunia*)、荆条属(*Vitex*)、腐婢属(*Premna*)、羊蹄甲属(*Bauhinia*)等。通过对这些属的分析,似可看出,金沙江河谷植物区系同热带森林植物区系之间的联系。

4. 地中海植物区系成分是金沙江河谷植物区系的重要组成部分,如鱼鳔槐属(*Colutea*)、黄栌属(*Cotinus*)、紫金栎属(*Ceratostigma*)、青香木属(*Pistacia*)、金铁锁属(*Psammosilene*)独尾草属(*Eremurus*)等以及高山栎类,显示了第三纪古地中海植物区系残留的痕迹。

## 参 考 文 献

- (1) 徐仁等, 1979, 中国晚三叠世宝星植物群, 科学出版社。
- (2) 刘廷栋, 1977, 昔格达组下部的孢粉组合及其对第四纪早期古气候演变意义, 中国第四纪冰川地质文集, 地质出版社, 164—176。
- (3) 李锡文, 1978, 云南芭蕉科植物。植物分类学报, 16(3), 57。
- (4) 陈兴启, 1981, 芒苞草亚科—石蒜科的一个新亚科, 植物分类学报, 10(3), 323—329。
- (5) 王文采, 1960 中国毛茛科的两新属 植物分类学报, 9(2), 105—107。
- (6) 席以珍, 1964, 银莲花属的花粉。植物学报, 12(1), 19—29。
- (7) 吴征镒、李锡文, 1977, 中国植物志66科学出版社。
- (8) 李锡文, 1975, 我国唇形科植物学名的更动(续), 植物分类学报, 13(1)77—78。
- (9) 武素功, 1981, 中国粉背蕨属的研究, 植物分类学报, 19(1), 57—74。
- (10) 周 林等, 1981, 在四川发现的两种新苏铁 植物分类学报, 19(3), 335—338。
- (11) A·潘采斯, 1958, 黄栌属(*Cotinus*) 生态学及分类学资料, 植物学报, 7(3), 165。
- (12) 李恒, 1981, 紫金栎属分布区的研究, 云南植物研究, 3(1), 49—55。
- (13) 吴征镒主编, 1979, 云南植物志, 1, 科学出版社。
- (14) 吴征镒主编, 1980, 云南植物志, 2, 科学出版社。
- (15) 吴征镒、王荷生, 1983, 中国自然地理—植物地理上册, 科学出版社。

## FLORA OF THE JINSHAJIANG RIVER VALLEY OF WESTERN SICHUAN AND NORTHERN YUNNAN

Wu Su-kung  
Kunming Institute of  
Botany, Academia Sinica

Li Pei-qiong  
Institute of Botany,  
Academia Sinica

### Abstract

The floristic characteristics of the Jinshajiang River valley of W. Sichuan and N. Yunnan was briefly discussed in this paper. The study was based on the field collection and expedition during 1981.

1. The plant distribution of the valley varies greatly from part to part due to the different geographic positions, the different climate conditions and geomorphological types. Based on the above mentioned differentiation, the northern part of shigu of the valley is classified as dry valley and the southern part dry-hot valley. The main vegetation at the bottom of the dry valley is the type of microphyllic thorn bush. Above this belt, there is a transition belt which mainly composed of *Pertya*, *Ostryopsis* and alpine *Quercus* etc. Above this belt the *Pinus yunnanensis* forest is presented. The main vegetation at the bottom belt of the dry-hot valley is savanna. Above this belt is relic evergreen broad-leaved forest and *Pinus yunnanensis* forest.

2. The species of plants in the valley is rather poor. However, the endemic group are rich. There are 5 endemic genera, i.e. *Musella*, *Acanthochlamys*, *Anemoclema*, *Skapanthus* and *Nouelia*. There are three endemic genera (*Formania*, *Tremacron* and *Psammosilene*) which share together with the Lancangjiang (Mekong River) and Nujiang River (Salween River) dry valley. Among the endemic genera *Acanthochlamys*, *Nouelia* and *Psammosilene* are ancient endemic genera. Its origin could be related to paleotropical-tertiary and Tethysian flora. The other five genera are current endemic genera. They are formed together with a great number of endemic species in the region due to the special natural conditions.

3. In the valley, 37.8% genera belong to the tropic elements. *Terminalia*, *Murunia*, *Vitex*, *Premna* and *Eouhinia* etc. are examples. Through the analysis of the genera, it can be seen that flora of the valley is related to the flora of tropic forest.

4. The Mediterranean flora elements are the important elements of the valley, such as: *Colutea*, *Cotinus*, *Ceratostigma*, *Pistacia*, *Psammosilene*, *Eremurus* and alpine *Quercus*. The trace of Tethysian flora can be seen in the valley.

# 43. 四川卧龙自然保护区兰科植物的 地理分布和区系特点

郎 楷 永

(中国科学院植物研究所)

## 一、前 言

卧龙自然保护区位于四川省汶川县西南部，地处东经 $102^{\circ}52'$ — $103^{\circ}24'$ ，北纬 $30^{\circ}45'$ — $31^{\circ}25'$ ，东西长52公里，南北宽62公里，是四川盆地向青藏高原过渡的高山深谷地带，地势自西北向东南倾斜，主要山岭有四姑娘山、巴郎山、牛头山、钱粮山等。海拔5000米以上的山峰达100个以上，最高的四姑娘山海拔6250米，最低为东部的木江坪海拔1120米，相对高差达5000余米（见图1.）。本地区海拔每上升100米，温度下降 $0.58^{\circ}\text{C}$ ，随着海拔上升高度不

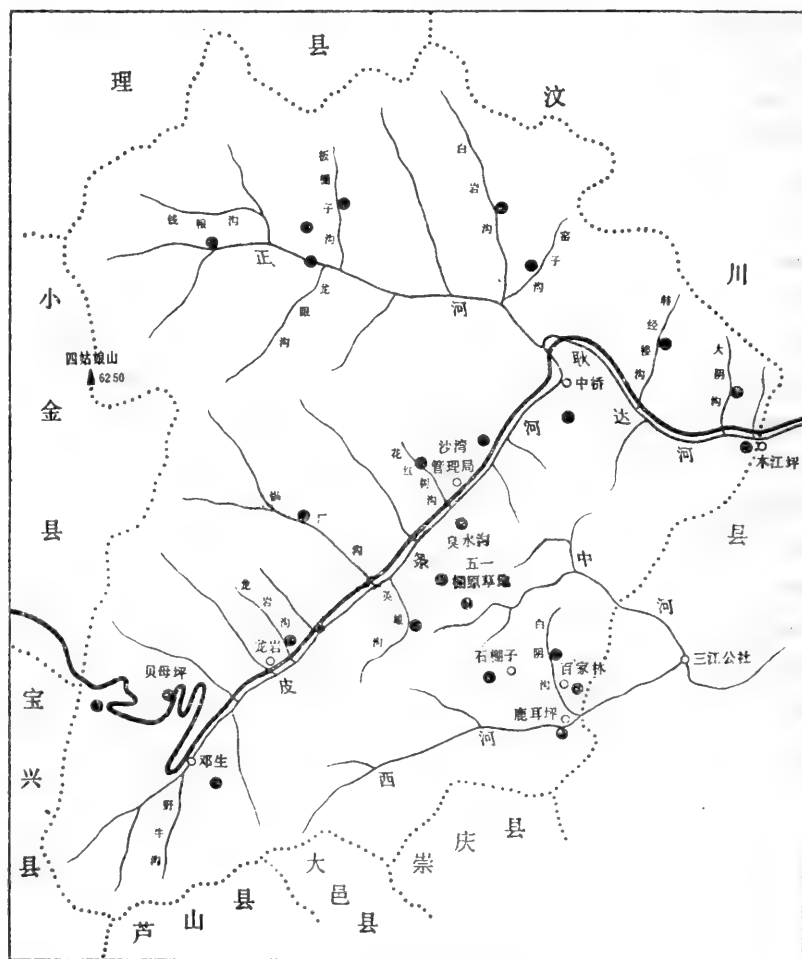


图1 考察路线图



同,水、热条件的差异,从山脚至山顶出现不同的植被垂直带,在海拔1120—1600米是以樟科、山毛榉科、山茶科和交让木科等为主的常绿阔叶林带;在海拔1600—2000米是以山毛榉科、樟科、山茶科和桦树、槭树、珙桐(*Davidia involucrata*)、连香树(*Cercidiphyllum japonicum*)、灯台树(*Cornus controversa*)、椴树(*Tilia*)等落叶树种组成的常绿、落叶阔叶混交林带;在海拔2000—2600米是以铁杉(*Tsuga chinensis*)、云南铁杉(*T. dumosa*)、麦吊杉(垂枝云杉*Picea brachytyla*)和桦树(*Betula*)、槭树(*Acer*)、椴树、杨树(*Populus*)等树种为主组成的针阔叶混交林带;在海拔2600—3600米是以岷江冷杉(*Abies faxoniana*)和四川红杉(*Larix mastersiana*)为主组成的亚高山针叶林带;海拔3600—4400米是以几种杜鹃(*Rhododendron spp.*)圆柏(*Sabina*)、栒子(*Cotoneaster*)和苔草(*Carex*)、囊吾(*Ligularia*)、报春花(*Primula*)、马先蒿(*Pedicularia*)、蓼(*Polygonum*)和绿绒蒿(*Meconopsis*)等为主组成的高山灌丛草甸带;在海拔4400—5000米为流石滩植被带。在不同的植被垂直带中,生长着不同的、丰富的区系植物,兰科植物也是如此,种类丰富,区系成分颇为复杂。

笔者于1982年参加青藏高原综合科学考察队川西植物区系组赴卧龙自然保护区考察,对耿达河、皮条河沿岸的一些沟谷和巴郎山的东南坡与西北坡(止于小金),进行了考察、采集,采集了大量的兰科植物标本<sup>①</sup>,查看了卧龙自然保护区管理处植物标本室保存的全部兰科植物标本<sup>②</sup>,进行了正确鉴定和系统整理、研究,现知共有32属,57种。

## 二、卧龙自然保护区兰科植物的地理分布

### 1. 兰科植物在卧龙自然保护区的垂直分布。

现将本地区产的兰科植物按其生活型(附生、腐生和地生)归类列于表1中,可以了解它们在本地区垂直分布的全貌(见表1)。

在正河、西河、中河、耿达河、皮条河等河两岸的海拔1120—2000米阔叶林带内兰科植物有20种(隶属于16属)(见表1中注有‘+’与‘++’的种),其中附生兰3种(占其种总数100%),地生兰15种,腐生兰2种。共有8种仅局限分布于靠下部的(海拔1120—1600米)的亚热带常绿阔叶林带内(见表1中注有‘+’的种)。

在皮条河、西河、中河、正河河谷海拔2000—3600米的针、阔叶混交林与亚高山针叶林带中兰科植物共有40种(隶属于22属)(见表1中注有‘·’的种),约占种总数的70.1%,附生兰仅有1种属于半附生性的独蒜兰,地生兰共有35种,腐生兰4种。其中只有独蒜兰*Pleione bulbocodioides*、天麻*Gastrodia elata*、反瓣虾脊兰*Calanthe reflexa*、短距虾脊兰*C. arcuata*、叉唇角盘兰*Herminium lanceum*和宽唇角盘兰*H. josephi*6种分布跨上述两带,从常绿、落叶阔叶林往上可以分布至针阔叶混交林带内,而宽唇角盘兰往上一直分布至高山灌丛草甸带中。

在正河、皮条河、西河的海拔3600—4400米高山灌丛草甸带中的兰科植物有西南手参*Gymnadenia orchidis*、宽唇角盘兰、广布红门兰*Orchis chusua*和兜被兰*Neottianthe*

① 在考察采集中得到李良千、费勇同志的密切配合协助采集,秦自生先生、刘继民、黎定国等同志热情接待,提供标本、资料,刘继民同志还为我们上山采集带路等,一并在此致谢

② 包括南充师范学院秦自生先生等教师和77、78级部分学生以及卧龙自然保护区管理局刘继民、黎定国等同志多年植被调查采集的标本

表1 卧龙自然保护区兰科植物种类及分布表

| 种类与<br>分布<br><br>生活型                                               | 种 名       |                                        | 分 布 与 海 拔                    |                                        |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------|
|                                                                    |           |                                        |                              |                                        |
| 附<br><br>生                                                         | 1. 台湾盆距兰  | <i>Gastrochilus formosanus</i> *<br>++ | 大阴沟                          | 1750                                   |
|                                                                    | 2. 瘦房兰    | <i>Ischnogyne mandarinorum</i> *<br>+  | 大阴沟                          | 1400                                   |
|                                                                    | 3. 独蒜兰    | <i>Pleione bulbocodioides</i> *<br>++  | 大阴沟<br>银厂沟                   | 1600—1750<br>2100—2200                 |
| 地<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>生 | 4. 黄花白芨   | <i>Bletilla ochracea</i> *<br>+        | 西河三江公社                       | 1350                                   |
|                                                                    | 5. 白芨     | <i>B. striata</i><br>+                 | 木江坪<br>西河三江鹿耳坪               | 1150<br>1400                           |
|                                                                    | 6. 短距虾脊兰  | <i>Calanthe arcuata</i> *<br>++        | 大阴沟<br>沙湾至花红树沟               | 1500<br>1930—2100                      |
|                                                                    | 7. 流苏虾脊兰  | <i>C. fimbriata</i> *<br>.             | 沙湾<br>龙岩<br>臭水沟至五一棚<br>正河岩巴石 | 2160<br>2300—2400<br>2000—2100<br>2370 |
|                                                                    | 8. 反瓣虾脊兰  | <i>C. reflexa</i><br>++                | 西河: 百家林、鹿耳坪、<br>石棚子          | 1600—2400                              |
|                                                                    | 9. 三棱虾脊兰  | <i>C. tricarinata</i><br>.             | 原草地至邓生                       | 2600—2800                              |
|                                                                    | 10. 长叶头蕊兰 | <i>Cephalanthera longifolia</i><br>.   | 正河窑子沟                        | 2000                                   |
|                                                                    | 11. 凹舌兰   | <i>Coeloglossum viride</i><br>.        | 正河撮箕沟                        | 3200                                   |
|                                                                    | 12. 大理铠兰  | <i>Corybas taliensis</i> *<br>.        | 皮条河、花红树沟                     | 2150                                   |
|                                                                    | 13. 杜鹃兰   | <i>Cremastra appendiculata</i><br>+    | 西河: 白泥岗                      | 1500                                   |
|                                                                    | 14. 建兰    | <i>Cymbidium ensifolium</i><br>++      | 大阴沟                          | 1590—1900                              |
|                                                                    | 15. 对叶杓兰  | <i>Cypripedium debile</i><br>.         | 龙岩                           | 2400—2500                              |
|                                                                    | 16. 毛杓兰   | <i>C. franchetii</i> *<br>.            | 邓生至贝母坪                       | 3000                                   |
|                                                                    | 17. 大花杓兰  | <i>C. macranthon</i><br>.              | 贝母坪<br>正河: 板棚子               | 3200<br>2610                           |
|                                                                    | 18. 尖药兰   | <i>Diphylax urceolata</i><br>.         | 英雄沟<br>正河: 龙眼沟               | 2720<br>2710                           |

续表 1

| 生活型 | 种类与分布     | 种 名                                  | 分 布 与 海 拔                  |                        |
|-----|-----------|--------------------------------------|----------------------------|------------------------|
|     |           |                                      | 分 布                        | 海 拔                    |
| 地 生 | 19. 小花火烧兰 | <i>Epipactis helleborine</i> .       | 沙湾<br>正河: 板棚子              | 1950—1960<br>2610      |
|     | 20. 大叶火烧兰 | <i>E. mairei</i> * .                 | 花红树沟至贝母坪                   | 2000—3000              |
|     | 21. 大花斑叶兰 | <i>Goodyera biflora</i> .            | 正河: 板棚子沟                   | 2600                   |
|     | 22. 小斑叶兰  | <i>G. repens</i> .                   | 英雄沟至邓生, 正河板棚子              | 2500—2700              |
|     | 23. 大斑叶兰  | <i>G. schlechtendaliana</i> ++       | 大阴沟                        | 1500—1800              |
|     | 24. 绒叶斑叶兰 | <i>G. velutina</i> ++                | 大阴沟<br>西河、三江白阴沟            | 1600—1850<br>1300      |
|     | 25. 卧龙斑叶兰 | <i>G. wolongensis</i> ** .           | 邓生                         | 2700                   |
|     | 26. 西南手参  | <i>Gymnadenia orchidis</i> .         | 巴郎山东南坡贝母坪一带<br>正河: 板棚子、钱粮山 | 2800—3800<br>3400—3900 |
|     | 27. 落地金钱  | <i>Habenaria aitchinsonii</i> .      | 正河: 白岩沟                    | 2100                   |
|     | 28. 长距玉凤花 | <i>H. davidii</i> * +                | 西河三江公社-鹿耳坪                 | 1350—1450              |
|     | 29. 粉叶玉凤花 | <i>H. glaucifolia</i> * .            | 邓生至贝母坪                     | 3000                   |
|     | 30. 卧龙玉凤花 | <i>H. wolongensis</i> ** .           | 银厂沟                        | 2200                   |
| 地 生 | 31. 粗距舌喙兰 | <i>Hemipilia crassicalcarata</i> * . | 西河: 三江鹿耳坪                  | 1400                   |
|     | 32. 宽唇角盘兰 | <i>Herminium josephi</i> ++ .        | 沙湾至贝母坪<br>正河: 钱粮山          | 1950—3300<br>3900      |
|     | 33. 矮角盘兰  | <i>H. chloranthum</i> * .            | 正河钱粮山                      | 3600                   |
|     | 34. 叉唇角盘兰 | <i>H. lanceum</i> ++ .               | 沙湾                         | 1910—2500              |
|     | 35. 角盘兰   | <i>H. monorchis</i> .                | 正河板棚子簸箕沟                   | 3400                   |
|     | 36. 阔叶角盘兰 | <i>H. ophioglossoides</i> * .        | 正河板棚子                      | 3400                   |
|     | 37. 羊耳蒜   | <i>Liparis japonica</i> ++           | 沙湾                         | 1920                   |
|     | 38. 对叶兰   | <i>Listera puberula</i> * .          | 花红树沟至邓生<br>正河: 岩巴石         | 2000—2800<br>2300      |
|     | 39. 沼兰    | <i>Malaxis monophyllos</i> .         | 银厂沟、英雄沟、贝母坪                | 2300—3300              |

续表 1

| 种类与<br>生活型                                 | 种 名       |                                  | 分 布 与 海 拔                   |                        |
|--------------------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------|
|                                            |           |                                  |                             |                        |
| 地<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>生 | 40. 云南沼兰  | <i>M.yunnanensis</i> * ++        | 沙湾、苹果园                      | 1920                   |
|                                            | 41. 全唇兰   | <i>Myrmechia japonica</i>        | 正河：板棚子                      | 2600                   |
|                                            | 42. 兜被兰   | <i>Neottianthe cucullata</i>     | 银厂沟至英雄沟<br>正河：板棚子至钱粮山       | 2200—2500<br>3000—3900 |
|                                            | 43. 广布红门兰 | <i>Orchis chusua</i>             | 邓生至贝母坪以上<br>正河：板棚子簸箕沟       | 3000—3800<br>3400      |
|                                            | 44. 二叶红门兰 | <i>O.diantha</i>                 | 贝母坪<br>西河：石棚子               | 3200<br>3000           |
|                                            | 45. 无距红门兰 | <i>O.tschiliensis</i> *          | 正河：板棚子                      | 2600                   |
|                                            | 46. 斑唇红门兰 | <i>O.wardii</i> *                | 贝母坪                         | 3300                   |
|                                            | 47. 长叶山兰  | <i>Oreorchis fargesii</i> *      | 五一棚                         | 2550                   |
|                                            | 48. 小山兰   | <i>O.foliosa</i>                 | 正河：板棚子沟                     | 2610                   |
|                                            | 49. 山兰    | <i>O.patens</i>                  | 龙岩至邓生                       | 2500—2700              |
|                                            | 50. 小花舌唇兰 | <i>Platanthera minutiflora</i> * | 邓生                          | 2700                   |
|                                            | 51. 缘毛鸟足兰 | <i>Satyrium ciliatum</i>         | 沙湾至臭水沟                      | 2400—2800              |
|                                            | 52. 绶草    | <i>Spiranthes sinensis</i> ++    | 沙湾至花红树沟                     | 1900—1950              |
| 腐<br><br><br><br>生                         | 53. 裂唇虎舌兰 | <i>Epipogium aphyllum</i>        | 正河：板棚子                      | 2700                   |
|                                            | 54. 虎舌兰   | <i>E.roseum</i>                  | 五一棚干沟                       | 2500                   |
|                                            | 55. 毛萼山珊瑚 | <i>Galeola lindleyana</i> +      | 西河：三江鹿耳坪                    | 1580                   |
|                                            | 56. 天麻    | <i>Gastrodia elata</i> ++        | 邓生<br>正河：白岩沟至板棚子<br>西河：三江公社 | 2700<br>2200<br>1800   |
|                                            | 57. 尖唇鸟巢兰 | <i>Neottia acuminata</i>         | 正河：板棚子                      | 2650                   |

*cucullata* 4 种，均属地生兰类，现知其分布上限是海拔3900米（正河钱粮山），在巴郎山东南坡兰科植物分布上限略低，是3800米，在海拔3800米以上至4350米（垭口）的高山草甸中经我们考察未发现有无兰现植物。

从上述兰科植物在卧龙自然保护区的垂直分布是有规律的，可以归纳为如下几点。

（1）附生兰类共3种（隶属于3属），其中全附生性的台湾盆距兰 *Gastrochilus fo-*

*rmosanus*和瘦房兰*Ischnogyne mandarinorum*两者的分布仅局限于海拔2000米以下的阔叶林中, 附生于树干或林下沟谷石头上; 而其另一半附生性的独蒜兰在我国是一广布种, 它可以往上分布至针、阔叶混交林带内。

(2) 腐生兰类共5种(隶属于4属), 毛萼山珊瑚*Galeola lindleyana*它总是生于常绿阔叶林内, 而尖唇鸟巢兰*Neottia acuminata*、裂唇虎舌兰*Epipogium aphyllum*和虎舌兰*E. roseum*则通常是生于针、阔叶混交林或针叶林下, 天麻是一广布种, 其分布可以从常绿、落叶阔叶林直至针、阔叶混交林下。

(3) 地生兰类在卧龙自然保护区种类远较附生、腐生两类多, 共有49种(隶属于25属) 约占种总数的86%, 在阔叶林(常绿阔叶和常绿、落叶阔叶林)带中共有15种, 而在针、阔叶混交林和针叶林带中有38种, 两者相同的种少, 仅4种, 即短距虾脊兰*Calanthe arcuata*、反瓣虾脊兰、宽唇角盘兰*Herminium josephi*和叉唇角盘兰, 反映出植被类型的不同其带内兰科植物的种类是不同的。

(4) 对此地区一些多种属的成员作一分析: 如角盘兰属(*Herminium*)共5种, 其中宽唇角盘兰矮角盘兰*H. chloranthum*和阔叶角盘兰*H. ophioglossoides*是青藏高原横断山区的特有种, 均分布于海拔3000米以上的针叶林带的林间或被砍伐后的次生灌丛草甸与高山灌丛草甸中, 而叉唇角盘兰和角盘兰*H. monorchis*均是广布种, 可以分布于阔叶林至针叶林带, 后者甚至可以分布至高山灌丛和草甸中; 红门兰属(*Orchis*)共4种, 无距红门兰*O. tschiliensis*分布于海拔2600米的针阔叶混交林下, 而广布红门兰*O. chusua*, 二叶红门兰*O. diantha*和斑唇红门兰*O. wardii*三者是分布于海拔3000—3800米的针叶林带至高山灌丛草甸带中; 又如玉凤花属(*Habenaria*)也有4种, 其中长距玉凤花*H. davidii*生于常绿阔叶林下, 而落地金钱*H. aitchinsonii*粉叶玉凤花*H. glaucifolia*和卧龙玉凤花*H. wolongensis*则是分布于海拔较前者高一些的针、阔叶混交林甚至达到针叶林下; 又如斑叶兰属(*Goodyera*)有5种, 其中大花斑叶兰*G. biflora*, 大斑叶兰*G. schlechtendalian*和绒叶斑叶兰*G. velutina*是生于阔叶林下, 而小斑叶兰*G. repens*与卧龙斑叶兰*G. wolongensis*则是生于针、阔叶混交林下的种类。

综上所述, 兰科植物在卧龙自然保护区的垂直分布是有规律的。

## 2. 卧龙自然保护区兰科植物在东亚植物区中的地理分布。

现将本地区产的57种兰科植物根据其分布及所属的区系成分分析介绍如下:

(1) 属于广布于整个东亚植物区的种类<sup>[2]-[8]</sup>: ①日本、朝鲜沿我国秦岭南、北各省区直至喜马拉雅地区分布的种类有4种: 即天麻*Gastrodia elata*, 绶草*Spiranthes sinensis*, 兜被兰*Neottianthe cucullata*, 独蒜兰*Pleione bulbocodioides*(此种仅局限于我国境内); ②日本、朝鲜沿我国秦岭以北经西北各省区向南经川西、滇西北、藏东南至喜马拉雅地区分布的种有12种(隶属于11属), 即: 凹舌兰*Coeloglossum viride*, 大花杓兰*Cypripedium macranthon*, 小花火烧兰*Epipactis helleborine*, 裂唇虎舌兰*Epipogium aphyllum*, 小斑叶兰*Goodyera repens*, 角盘兰*Herminium monorchis*, 羊耳蒜*Liparis japonica*, 沼兰*Malaxis monophyllos*, 尖唇鸟巢兰*Neottia acuminata*, 广布红门兰*Orchis chusua*, 无距红门兰*O. tschiliensis*和山兰*Oreorchis patens*; ③日本和沿我国秦岭以南诸省区至喜马拉雅地区分布的种类有7种(隶属于6属), 有杜鹃兰*Cremastra appendiculata*, 建兰*Cymbidium ensifolium*, 虎舌兰*Epipogium roseum*, 大花斑叶兰*Goodyera biflora*, 大斑叶兰*G. schlechtendaliana*, 叉唇角盘兰*Herminium lanceum*, 全

唇兰 *Myrmecia japonica*.

(2) 仅分布于东亚植物区中的中国-日本亚区止于川西分布的种共有7种(隶属于6属): 有白芨 *Bletilla striata*, 反瓣虾脊兰 *Calanthe reflexa*, 对叶杓兰 *Cypripedium debile*, 绒叶斑叶兰 *Goodyera velutina*, 毛杓兰 *C. franchetii*, 对叶兰 *Listera puberula* (我国东北、西北至川黔), 长叶山兰 *Oreorchis fargesii* (我国东南至西南分布), 后3种仅产于我国境内。

(3) 仅分布于东亚植物区中的中国-喜马拉雅亚区的种共有23种(隶属于15属), 为仅分布于中国-日本亚区种的3倍多。

①从喜马拉雅地区至川西分布的种有: 尖药兰 *Diphylax urceolata*, 落地金钱 *Habenaria aitchinsonii*, 宽唇角盘兰 *Herminium josephi*, 缘毛鸟足兰 *Catyrium ciliatum*; 止于川西南、陕南、鄂西的种有三棱虾脊兰 *Calanthe tricarinata*, 西南手参 *Gymnadenia orchidis*, 二叶红门兰 *Orchis diantha*, 小山兰 *Oreorchis foliosa*; 向东分布至河南的种有毛萼山珊瑚 *Galeola lindelyana* 1种。

②仅分布于我国西南及邻近省区的、我国特有种有: 黄花白芨 *Bletilla ochracea*, 短距虾脊兰 *Calanthe arcuata*, 流苏虾脊兰 *C. fimbriata*, 大叶火烧兰 *Epipactis mairei*, 长距玉凤花 *Habenaria davidii*, 粉叶玉凤花 *H. glaucifolia*, 粗距舌喙兰 *Hemipilia crassicalcarata*, 矮角盘兰 *Herminium chloranthum*, 阔叶角盘兰 *H. ophioglossoides*, 瘦房兰 *Ischnogyne mandarinorum*, 云南沼兰 *Malaxis yunnanensis*, 斑唇红门兰 *Orchis wardii*。卧龙地区特有种有卧龙斑叶兰 *Goodyera wolongensis* 和卧龙玉凤花 *Habenaria wolongensis* 2种。

(4) 盆距兰属 *Gastrochilus* 是主要分布于亚洲热带地区, 属于印度马来区系成分, 其属中的台湾盆距兰 *G. formosanus* 分布于本地区大阴沟海拔2000米以下的阔叶林带中。

(5) 铠兰属 *Corybas* 是一热亚至热澳分布的属, 全属共有50来种, 主要分布于澳大利亚, 少数种见于邻近岛屿与东南亚, 只有3种产于我国境内, 台湾铠兰 *C. taiwanensis* 产于台湾, 广西铠兰 *C. sinii* 产于广西, 大理铠兰 *C. taliensis* 产于云南大理和碧江, 此种在四川卧龙自然保护区首次发现, 生于皮条河花红树沟海拔2150米林下。

综上所述, 可以清楚看出分布于卧龙自然保护区的兰科植物有广布于整个东亚区的种类, 还有仅分布于中国-日本亚区或仅分布于中国-喜马拉雅区的种类。此外, 亦还有少数别的区的种类。

### 三、卧龙自然保护区兰科植物的区系特点

#### 1. 温带区系成分为主

(1) 属的分析。我们将分布于卧龙自然保护区兰科植物32属根据其所属的分布区类型进行统计, 其结果如表2。

从表2中可以看出热带分布属占此地区属总数的28.2%, 占全国同类属总数的9.5%, 而温带分布属为热带分布属的2倍多, 占本地区属总数的62.5%, 占全国同类属总数的51.3%, 显示出属以温带区系为主的特点。

(2) 种的分析。卧龙自然保护区兰科属于热带分布的9属共有13种, 属于温带分布的21属共有41种(包括属于我国特有属的1属1种在内), 属于世界分布的2属有3种, 从对

表2 卧龙自然保护区兰科植物属的不同分布类型的统计

| 类 别       | 热带分布属 | 温带分布属 | 我国特有属 | 世 界 属 | 总 数 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 全国属数①     | 95    | 39    | 14    | 2     | 150 |
| 卧龙保护区属数   | 9     | 20    | 1     | 2     | 32  |
| 占卧龙保护区总数% | 28.2  | 62.5  | 3.1   | 6.2   | 100 |

① 根据吴征镒教授对属的分布型的划分进行统计，内中包括近几年陈心启副教授所发表的新属在内

种的分析也同样显示出以温带区系为主的特点。

## 2. 生活型以地生兰为多

属(种)的生活型,从表1中可以看出:地生型25属(49种),附生型3属(3种),腐生型4属(5种),是以地生型为多的特点。

## 3. 特有种丰富

卧龙自然保护区兰科植物中属于我国特有种共22种(见表1中注有‘\*’和‘\*\*’符号的种)。占其全部种数的38.6%,其中卧龙斑叶兰*Goodyera wolongensis*和卧龙玉凤花*Habenaria wolongensis*为本区的特有种(见表1中注有‘\*\*’符号的种)。

## 4. 分化显著

卧龙自然保护区是四川盆地向青藏高原过渡的高山深谷地带,青藏高原的隆升,对本区植物的生存、分化有着很大的影响,有助于促使种群的分化、新种的产生。卧龙玉凤花*Habenaria wolongensis*与卧龙斑叶兰*Goodyera wolongensis*是此次考察发现的2新种。卧龙玉凤花与落地金钱*Habenaria aitchinsonii*是关系十分密切的对种,它们之区别点在于前者叶上表面具黄白色的斑纹,颇似斑叶兰类之叶,花瓣变狭窄,为狭披针形,看来是从后者分化出来的新种;卧龙斑叶兰*Goodyera wolongensis*与小斑叶兰*G. repens*亦是关系十分密切的对种,前者的叶上表面无黄白色斑纹,唇瓣囊深而大,花瓣较宽,菱状卵形,区别于后者,这亦很可能是从后者分化而来的。上述落地金钱和小斑叶兰两种兰科植物在贡嘎山地区和川西的其它一些地区都有分布,但没有出现它们的对种如卧龙玉凤花与卧龙斑叶兰。卧龙自然保护区植物的分化、新种出现的例子不仅在兰科,在杜鹃花科、樟科……等等中的例子也不少,不在此一一例举。

最后,我们可以作如下的概括:卧龙自然保护区兰科植物种类丰富、成分复杂和分化显著。

## 参 考 文 献

- (1) 秦自生、胡锦鑫,卧龙自然保护区大熊猫生态环境的植被类型,南充师院学报,自然科学版,1981,(3),39—74.
- (2) Duthie, J. F., 1906, The Orchids of the North-Western Himalaya. —Ann. Roy. Bot. Gard. Calcl. 9(2), 81—211.
- (3) Hara, H., W. T. Stearn and L. H. J. Williams, 1978, An Enumeration of the Flowering Plants of Nepal 1, 30—58.
- (4) Hooker, J. D., 1980, The Flora of British India 5, 667—864. and 6, 1—198.
- (5) King, G. & R. Pantling, 1898, The Orchids of Sikkim-Himalaya. —Ann. Roy. Bot. Gard. Calcl. 8, 1—342.
- (6) Ohwi, J., 1965, Flora of Japan 319—359.

- (7) Takhtajan, A., 1969, The Floristic Regions of the World. Flowering Plants origin and dispersal Appendix II. 240—253.  
(8) Tuyama, T., 1966, in Hara, Fl. E. Himal. 424—452. 1971, in Hara, Idem. 2, 176—196. 1975, in Ohashi, Idem. 3, 137—165.

## THE GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION AND FLORISTIC FEATURES OF THE ORCHIDS IN THE WOLONG NATURAL CONSERVATION AREA IN SICHUAN

Lang Kai-yungn

Institute of Botany, Academia Sinica

Abstract

The Wolong Nature reserve, situated at south-western part of the Wenchuan County, Sichuan Province.  $102^{\circ}52'-103^{\circ}25'$  E,  $30^{\circ}45'-31^{\circ}25'$  N, is one the well-known nature reserve in China. It consists of several main mountain ranges such as Siguniang shan, Balang shan, Niutou shan, Qianliang shan, etc. There are more than one hundred mountain peaks with an elevation of more than 5000 metres in this area. Among which the Siguniang shan is the highest one, its summit is 6250 m. above sea level, while the Mujinagping situated at south-eastern part of the area, is only 1120 m. above sea level (Fig. 1.).

So far as we know the orchids in Wolong Natural Conservation Area comprise 32 genera and 57 species (including 3 species of epiphytes, 49 species of terrestrials and 5 species of saprophytes) (Table 1.).

1. The vertical distribution of the orchids in the Wolong Natural Conservation Area.

There are 20 species of orchids at 1120-2000 m. alt. in the broadleaved forest zone (See Table 1, mark "+" and "++"), of which 3 species are epiphytic (including a species of the semi-epiphytic orchid, *Pleione bulbocodioides*), 15 species are terrestrial and 2 species are saprophytic. Eight species are distributed only in the subtropical evergreen broadleaf forest zone near lower mountain region (See Table 1, mark "+"), the upper limit of the real epiphytic orchids is below 1750 m. alt. At altitudes 2000-3600 m. in the mixed coniferous and broadleaved forest as well as subalpine coniferous forest zone we found 40 species of orchids (See Table 1, mark "."), among which 35 are terrestrial species, 4 are saprophytic species and 1 semi-epiphytic species. The 6 species (*Pleione bulbocodioides*, *Gastrodia elata*, *Calanthe arcuata*, *C. reflexa*, *Herminium josephi* and *H. lanceum*) are shared in both zones. There are only 4 species of terrestrial orchids (*Gymnad-*



*enia orchidis*, *Herminium josephi*, *Neottianthe cucullata* and *Orchis chusua*) from 3600-4400m. alt. at the alpine shrub and meadow zone. At Balang shan the upper limit of terrestrial orchids is 3800 m. alt., while it reaches 3900 m. alt. at Qiauliang shan.

2. The floristic composition of orchids in Wolong Natural Conservation Area.

1) 22 species belonging to 17 genera, are endemic in China (See Table 1, mark "\*" and "\*\*"). They are only distributed in South-Western China and its adjacent region, of which *Goodyera wolongensis* and *Habenaria wolongensis* are endemic in the conservation area (See Table 1. mark "\*\*").

2) 23 species, belonging to 19 genera, are wide-spread in whole Eastern Asian Region.

3) 7 species, belonging to six genera, are the elements of the Sino-Japanese Subregion.

4) 23 species, belonging to 15 genera, are the elements of the Sino-Himalayan Subregion.

The floristic composition of orchids in the area contain not only the Eastern Asian elements, but also a few Indo-Malaysian elements such as genus *Gastrochilus* (1 species) and Indo-African elements such as genus *Satyrium* (1 species) as well as tropical Australia-Asian elements (such as genus *Corbybas* (1 species)).

3. The floristic features of the orchids in the Wolong Natural Conservation Area.

1) The floristic elements are mainly temperate.

2) The life form is mostly terrestrial species.

3) The endemic species are more abundant than those in the Gongga mountains.

4) The occurrence of some new species shows that the differentiation of the orchid flora in this area is remarkable.

The conclusions may be summarized as follows; the species of orchids of Wolong Natural Conservation Area are abundante, complex, and considerably differentiated.

## 44. 横断山脉苔藓植物特有属和新记录初报<sup>①</sup>

罗健馨 汪楣芝

(中国科学院植物研究所)

横断山脉地处我国西南部,包括西藏东部,四川西部和云南西北部,总面积约50万平方公里。

本区地势北高南低,多为西北向东南倾斜,主要山脉、江河相间并列,南北纵贯,具独特的走向。大部分地区为高山深谷,境内最高的贡嘎山,海拔7556米,最低的河谷仅几百米,高差约7000米之多。地形之复杂多变,在世界上罕见。本区地质构造复杂,位于多山系交汇地区,是南亚大陆和欧亚大陆镶嵌交接带的东翼,也是我国东部环太平洋带与西部古地中海带间的过渡地带。本地区与喜马拉雅山系相连,直接受地壳强烈抬升的影响,使全区大部分地区在海拔3000米以上,深刻改变了原有的自然景观和纬度地带性,从而在亚热带的纬度地区发育有温带和寒温带的山地植被与土壤。由于自然条件十分复杂,在同一山地随着海拔高度的变化,形成了明显的生物、气候垂直带,自然资源非常丰富,是我国生物资源的宝库。

### 一、横断山脉苔藓植物的特有属

横断山脉地区的苔藓植物,早在1882年,Delava y就进行了采集,后来Handel-Maztti等许多西方学者都曾在本地区搜集了苔藓标本,经Beschrella (1892, 1893), Stephanian (1894, 1895, 1900—1924), Theriot (1906—1911), Brotherus (1922, 1924, 1929)等人研究后,发现本区有较多的新种和特有属。

1935—1936年,王启无曾在云南西北部丽江地区,怒江、独龙江等地采集了大量的苔藓标本。同时,我国著名的苔藓学家陈邦杰教授在四川省一些山区调查和搜集了较多的苔藓植物。1949年,新中国成立后,林业调查队,一些大学和中学以及一些研究所在该区也采集了一些苔藓标本。特别是近十年,科学院植物研究所和昆明植物研究所等单位在四川、云南和西藏地区搜集了数万号苔藓标本尚待鉴定和深入研究。

现知横断山脉地区苔藓植物的特有属共有10个,而仅分布于我国的苔藓植物的特有属共15个,横断山脉苔藓植物的特有属约占我国苔藓植物特有属的66.6%。现知东亚地区苔藓植物的特有属约43个,其中29个属的植物在横断山脉地区都有记录,横断山脉分布的东亚特有属约占东亚苔藓植物特有属的67.4% (见表1、表2、表3和图1)。

从以下图、表可以清楚地看出,横断山脉具有较多的特有属。我国苔藓植物的特有属也主要集中分布在横断山脉地区。东亚苔藓植物的特有属在横断山脉呈密集分布。从这些特有属的分布来看,横断山脉是一个多度中心,也可能是分化中心和变异中心。我国15个特有属中的10个是单种属,其余5个是少种属,没有多种属。

<sup>①</sup> 本文英文呈蒙申葆诚教授审阅谨表感谢。本文由于资料收集不全,尚待下文增补

表1 横断山脉、中国和东亚苔藓植物特有属分布对照

| 分布地区<br>属(科)名                                                                               | 中 国     |             | 其 它 地 区 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------|---------|
|                                                                                             | 横 断 山 脉 | 其 它 省 区     |         |
| 1.侧囊苔属<br><i>Delavayella</i> Steph.<br>( <i>Delavayellaceae</i> )                           | 四川、云南   |             |         |
| 2.多瓣苔属<br><i>Macvicaria</i> Nichols.<br>( <i>Porellaceae</i> )                              | 四川、云南   | 东北、华北、华东    | 朝鲜、日本   |
| 3.南溪苔属<br><i>Makinoa</i> Miyake<br>( <i>Makinoaceae</i> )                                   |         | 台湾, 长江以南地区  | 朝鲜、日本   |
| 4.假护蒴苔属<br><i>Metacalypogia</i> (Hatt.)<br>Inoue<br>( <i>Calypogeiaceae</i> )               |         | 台 湾         | 日 本     |
| 5.新绒苔属<br><i>Neotrichocolea</i> Hatt.<br>( <i>Ptilidiaceae</i> )                            |         | 安 徽         | 日 本     |
| 6.日鳞苔属<br><i>Nipponolejeunea</i> Hatt.<br>( <i>Lejeuneaceae</i> )                           |         | 台 湾         | 朝鲜、日本   |
| 7.拟复叉苔属<br><i>Pseudolepicolea</i> Ful-<br>ford et Taylory<br>( <i>Blepharostomataceae</i> ) | 云 南     | 台 湾         | 日 本     |
| 8.囊绒苔属<br><i>Trichocoleopsis</i> Okam.<br>( <i>Trichocoleaceae</i> )                        | 四川、云南   | 安徽、福建、陕西、浙江 | 朝鲜、日本   |

从横断山脉这些特有属的形态特征, 生态特性和地理分布可以明显地展示出本区既保存有较原始的类群, 同时也分化出许多特化的类型。在一个地区集中分布有10个特有属, 在苔藓植物学上是罕见的。

锦丝藓属 (*Actinothuidium*) 植物是东亚地区分布较广的一个属, 向东可以延伸到苏联远东地区, 向西能分布到不丹和尼泊尔。本属植物在我国东北及陕西秦岭的针叶林下常与山羽藓属 (*Abietinella*), 塔藓属 (*Hylocomium*), 垂枝藓科 (*Rhytidiaceae*) 等组成林地苔藓层。但在横断山脉地区的云杉、冷杉林下, 锦丝藓却成为主要的地被层, 可以说锦丝藓是这个地区云杉、冷杉林地苔藓层的优势种, 往往成大片密集分布。很有趣的是属于中国—日本区系的多瓣苔属 (*Macvicaria*) 向西南分布至横断山脉的四川和云南, 但形态上却

表2 横断山脉 中国和东亚藓类植物特有属分布对照

| 分布地区<br><br>属(科)名                                                             | 中 国      |          | 其 它 地 区            |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|--------------------|
|                                                                               | 横 断 山 脉  | 其 它 省 区  |                    |
| 1. 锦丝藓属<br><i>Actinothuidium</i><br>(Besch.) Broth.<br>( <i>Thuidiaceae</i> ) | 四川、云南、西藏 | 陕西、东北    | 锡金、不丹、尼泊尔、<br>苏联远东 |
| 2. 拟悬藓属<br><i>Barbellopsis</i> Broth.<br>( <i>Meteoriaceae</i> )              | 云 南      |          |                    |
| 3. 拟短月藓属<br>Broth.<br><i>Brachymeniopsis</i><br>( <i>Funariaceae</i> )        | 云 南      |          |                    |
| 4. 毛羽藓属<br><i>Bryonoguchia</i> Iwats.<br>et Inoue( <i>Thuidiaceae</i> )       |          | 东 北      | 朝鲜、日本、苏联远东         |
| 5. 蔓枝藓属<br><i>Cleistostoma</i> Brid.<br>( <i>Hedwigiaceae</i> )               | 四川、云南    |          |                    |
| 6. 异节藓属<br><i>Diaphanodon</i> Ren. et<br>Card.<br>( <i>Trachypodaceae</i> )   | 云南、西藏    | 台 湾      | 越 南                |
| 7. 拟牛毛藓属<br><i>Ditrichopsis</i> Broth.<br>( <i>Ditrichaceae</i> )             | 四川、云南    |          |                    |
| 8. 单齿藓属<br><i>Dozya</i> Lac.<br>( <i>Leucodontaceae</i> )                     |          | 东 北      | 朝鲜、日本              |
| 9. 绿锯藓属<br><i>Duthiella</i> C. Muell.<br>( <i>Trachypodaceae</i> )            | 四川、云南、西藏 | 台湾、福建、浙江 | 日本、菲律宾             |
| 10. 双肋藓属<br><i>Elmeriobryum</i> Broth.<br>( <i>Lembophyllaceae</i> )          | 西 藏      | 台 湾      | 菲律宾、新几内亚           |

续表 2

| 分布地区<br><br>属(科)名                                                        | 中 国      |             | 其 它 地 区 |
|--------------------------------------------------------------------------|----------|-------------|---------|
|                                                                          | 横 断 山 脉  | 其 它 省 区     |         |
| 11. 粗疣藓属<br><i>Fauriella</i> Besch.<br>( <i>Theliaceae</i> )             | 四 川      | 长江流域        | 日 本     |
| 12. 厚角藓属<br><i>Gammiella</i> Broth.<br>( <i>Sematophyllaceae</i> )       |          |             | 锡金、印度   |
| 13. 丝灰藓属<br><i>Giraldiella</i> C. Muell.<br>( <i>Sematophyllaceae</i> )  | 西 藏      | 陕 西         |         |
| 14. 拟灰藓属 (丝光藓属)<br><i>Hondaella</i> Dix. et Sak.<br>( <i>Hypnaceae</i> ) |          | 东 北         | 日 本     |
| 15. 兜叶藓属<br><i>Horikawaea</i> Nog.<br>( <i>Phyllogoniaceae</i> )         | 西 藏      | 台湾、福建、广东、广西 | 越南、菲律宾  |
| 16. 平齿藓属<br><i>Leiodontium</i> Broth.<br>( <i>Lembophyllaceae</i> )      | 云 南      |             |         |
| 17. 薄羽藓属<br><i>Leptocladium</i> Broth.<br>( <i>Thuidiaceae</i> )         | 云 南      |             |         |
| 18. 白翼藓属<br><i>Levierella</i> C. Muell.<br>( <i>Fabroniaceae</i> )       | 云 南      |             | 喜马拉雅地区  |
| 19. 小蔓藓属<br><i>Meteoriella</i> Okam.<br>( <i>Pterobryaceae</i> )         | 四川、西藏    | 台湾、长江流域     | 日本、越南   |
| 20. 树发藓属<br><i>Microdendron</i> Broth.<br>( <i>Polytrichaceae</i> )      | 四川、云南、西藏 |             |         |
| 21. 瓦叶藓属<br><i>Miyabea</i> Broth.<br>( <i>Thuidiaceae</i> )              |          | 华中、华北、东北    | 日本、朝鲜   |

| 分布地区<br>属(科)名                                                                              | 中 国     |          | 其 它 地 区 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------|
|                                                                                            | 横 断 山 脉 | 其 它 省 区  |         |
| 22. 新船叶藓属<br><i>Neodolichomitra</i> Nog.<br>( <i>Hylocomiaceae</i> )                       | 四川、云南   | 台湾、湖南、浙江 |         |
| 23. 褶藓属<br><i>Okamuraea</i> Broth.<br>( <i>Rhytidiaceae</i> )                              |         | 台湾、华东、东北 | 日本、朝鲜   |
| 24. 毛枝藓属<br><i>Pilotrichopsis</i> Besch.<br>( <i>Cryphaeaceae</i> )                        |         | 台湾、长江流域  | 日本、印度   |
| 25. 拟仙鹤藓属<br><i>Pseudotrichum</i> Reim.<br>( <i>Polytrichaceae</i> )                       | 四川、云南   | 贵 州      |         |
| 26. 褶叶藓属<br><i>Pseudopleuropus</i> Tak.<br>( <i>Brachytheciaceae</i> )                     |         | 台 湾      |         |
| 27. 拟丝瓜藓属<br><i>Pseudopohlia</i> Williams<br>( <i>Bryaceae</i> )                           | 云 南     |          | 菲 律 宾   |
| 28. 拟木毛藓属<br><i>Pseudospiridentopsis</i><br>(Broth.) Fleisch.<br>( <i>Trachypodaceae</i> ) | 云南、西藏   | 台湾、福建、浙江 | 越 南     |
| 29. 滇蕨藓属<br><i>Pseudoterobryum</i><br>Broth.<br>( <i>Pterobryaceae</i> )                   | 云南、四川   |          |         |
| 30. 拟金灰藓属<br><i>Pylaiopsis</i> Broth.<br>( <i>Sematophyllaceae</i> )                       | 云 南     |          |         |
| 31. 疣齿藓属<br><i>Scabridens</i> Bartr.<br>( <i>Leucodontaceae</i> )                          | 四 川     | 贵 州      |         |
| 32. 厚边藓属<br><i>Sciaromiopsis</i> Broth.<br>( <i>Amblystegiaceae</i> )                      | 四 川     |          |         |

续表 2

| 分布地区<br>属(科)名                                                                 | 中 国     |         | 其 它 地 区 |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
|                                                                               | 横 断 山 脉 | 其 它 省 区 |         |
| 33. 球蒴藓属<br><i>Sphaerotherciella</i> Fle-<br>isch.<br>( <i>Cryphaeaceae</i> ) | 四川、云南   |         | 锡金、尼泊尔  |
| 34. 台湾藓属<br><i>Taiwanobryum</i> Nog.<br>( <i>Prionodontaceae</i> )            |         | 台 湾     | 菲 律 宾   |
| 35. 厚叶藓属<br><i>Theriotia</i> Card.<br>( <i>Diphysiaceae</i> )                 |         | 东 北     | 日本、朝鲜   |

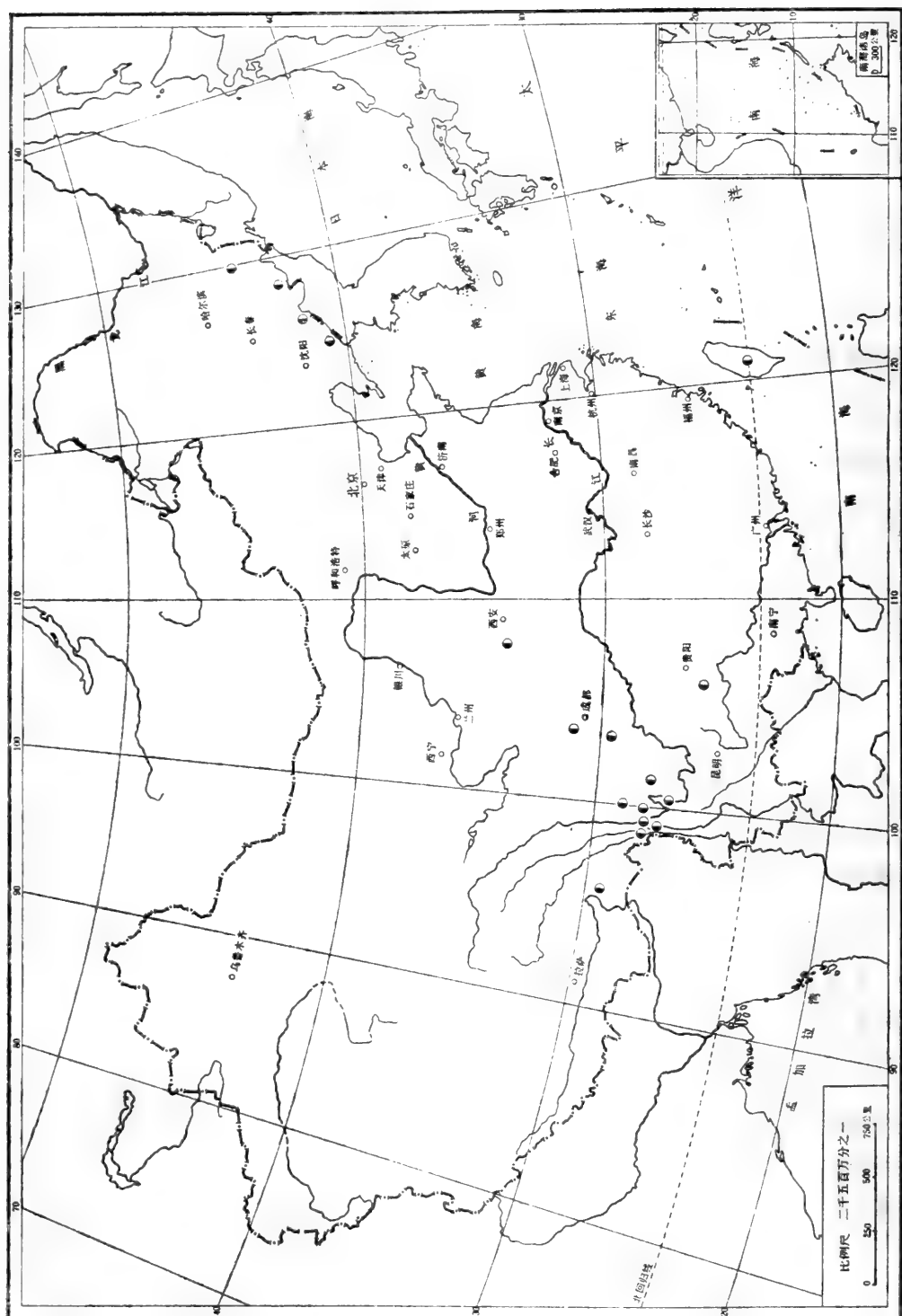
表 3 横断山脉、中国和东亚苔藓植物特有属数比较表

| 地 区<br>数<br>百 分 比 | 中 国                   |      |     | 东 亚                       |      |     |
|-------------------|-----------------------|------|-----|---------------------------|------|-----|
|                   | 横断山脉                  | 其它省区 | 共 计 | 横断山脉分布                    | 其它地区 | 共 计 |
|                   | 10                    | 5    | 15  | 29                        | 15   | 43  |
|                   | 横断山脉的特有属约占中国特有属的66.6% |      |     | 横断山脉分布的东亚特有属约占东亚特有属的67.4% |      |     |

与东北等地的植物有差异。典型的中国—喜马拉雅区系的球蒴藓属 (*Sphaerotherciella*) 分布于我国的邻国锡金和尼泊尔, 在四川和云南亦有分布, 而限于横断山脉地区。兜叶藓属 (*Horikawa*) 除产于我国台湾省外, 近几年在我国广东, 广西, 福建和西藏墨脱县发现亦有分布, 向南分布至越南和菲律宾。从上面几个属的分布来看, 横断山脉包括西藏的墨脱地区在内, 为东亚植物区系中的中国—日本成分和中国—喜马拉雅成分交汇的地方。也是热带马来亚区系向北移的过渡区域。

上面列举43个东亚苔藓特有属, 它们主要分布于亚洲大陆及朝鲜、日本, 其中也有少数属向南分布到菲律宾等地。这些属的大多数植物在横断山脉均有分布, 反映出横断山脉地区与日本, 朝鲜, 喜马拉雅地区有密切的关系。同时与邻近的中南半岛, 以及和菲律宾等地的植物区系也有较密切的联系。

东亚苔藓植物特有属在我国分布的范围, 大致可以从东北的长白山脉, 张广才岭, 燕山, 太行山脉, 伏牛山, 秦岭山脉, 岷山, 峨眉山, 贡嘎山, 横断山脉, 直到西藏的墨脱划一条斜线, 这些山脉以东是东亚特有属广泛分布的地区。从图 1 可以看到属于横断山脉的怒江、澜沧江和金沙江这三条大江及其邻近地区, 即在我国云南、四川、西藏以及与缅甸、印度交界这一带, 包括西藏墨脱地区, 四川峨眉山和卧龙自然保护区等地是东亚苔藓植物区系成分最丰富的区域, 这些地区是我国植物资源的宝库。这一带主要由于地处亚热带, 又有大的河流与山脉并列, 呈南北走向, 南来的西南季风沿河谷溯江而上, 气候温暖潮湿, 发育着不同类型的茂密森林和各种植被, 为苔藓植物的生长和发育提供了所需要的环境条件。本区





群峰林立，高耸陡峻，海拔2000米左右的山峰，常年云雾迷漫，是苔藓植物滋生的良好场所。苔藓植物个体一般都很小，它们的生长与繁殖受局部小环境的影响较大，往往一个山峰的东面与西面，南面与北面，山脚与山顶，甚至一块岩石的向阳面与背阴面，以及凸面与凹面，随着湿度，光度，基质等因素不同，常生长着不同类群的苔藓植物。苔藓植物的另一特点是无性繁殖能力特别强，尤其是在湿度大又具有一定的温度和光照条件下，许多种类的苔藓都能产生芽胞，芽条等进行生长和繁衍成新的植株。因此，在横断山脉这样复杂的自然环境中，苔藓植物容易保存了一些古老的残余的种类。因为从地史方面来看，横断山脉是生物的避难所，这里许多地方在历史上未受到几次大冰川的影响。据大陆漂移学说，本区处欧亚大陆与印度地块接合线的东端，与喜马拉雅山系相连，受喜马拉雅运动强烈抬升的影响很大，在变异的生境中，又分化、发展了不少新的类群，致使形形色色的苔藓能繁茂的生长和繁育。对它们的种类、分布、发生、发展、演化以及与其它植物和自然条件的关系是值得深入探讨的。

这里，我们还需说明一点，我国湖南原记录有长灰藓 *Sharpiella seligeri* (Brid.) Iwats. 本属仅1种，为我国特有，但有人把它并入 *Herzogiella* Broth. 1982年，高谦、张光初在苔藓植物的新属，《植物研究》第2卷第4期113—121页，发表了拟地钱属 *Marchantioipsis* Gao et Chang (地钱科 *Marchantiaceae*) 和陈氏藓属 *Bryochenea* Gao et Chang (羽藓科 *Thuidiaceae*)，这两个属是否能成立尚需深入研究。也有人把新船叶藓属 *Neodolichomitra* 归入垂枝藓科 *Rhytidiaceae*，此外，还有人把蔓枝藓科的新悬藓属 *Neobarbella* 归入我国横断山脉特有的猫尾藓属 *Isotheciopsis* Broth. 中。此外，还将双肋藓属 *Elmeriobryum* 併入粗枝藓属 *Gollania* 中。以上这些问题还需进一步研究。

这里，我们认为还需要商榷的是有人把我国横断山脉特产的蔓枝藓属 *Cleistostoma* 并入花叶藓科 *Calymperaceae* 的网藓属 *Syrrhopodon*，我们1982年在四川稻城采到蔓枝藓属植物的标本，据初步研究，本属植物的形态特征、地理分布和生态环境与花叶藓科网藓属均有明显的差异。见图3：7—11和表4。故我们认为保留原属名更为合适。

表4 蔓枝藓属和网藓属特征比较

| 蔓枝藓属 <i>Cleistostoma</i>  | 网藓属 <i>Syrrhopodon</i>               |
|---------------------------|--------------------------------------|
| 1. 植物体具匍匐横生的主茎            | 1. 植物体通常直立，无明显横生主茎                   |
| 2. 密集2—3回羽状分枝             | 2. 单一或叉状分枝                           |
| 3. 叶上部边缘细胞不分化、无嵌边         | 3. 叶边明显分化，由透明细胞构成嵌边 (teniola)        |
| 4. 叶片细胞无方格组织              | 4. 叶片有大型、透明、薄壁细胞形成的方格组织 (Cancellina) |
| 5. 生于亚热带高山海拔2600—3500米石面上 | 5. 多生于热带、亚热带低山海拔2000米以下树干上           |

二、横断山脉苔藓植物新记录初报

横断山脉地区苔藓植物不仅特有属多，其种类成分也非常复杂，从亚热带、温带到高山寒带，从湿生到旱生的区系都有。本区的苔藓植物一直引起中外学者的密切注意和浓厚的兴趣。近年来我们在西藏墨脱发现了我国新分布的两个属：拟卷柏藓属 (*Powellia*) 和树枝藓属 (*Porotrichodendron*)，以及在西藏东南部的墨脱，察隅，波密，昌都等地发现了一

些苔类，包括叶附生苔，和一些藓类植物的新种。1980年和1982年在西藏察隅和波密发现了一种藻苔 (*Takakia lepidozoides* Hatt. et Inoue) 为我国首次记录，这是现知最原始的苔类，属于藻苔目 *Takakiales*，植物体外形类似于藻类，叶片构造较简单，由薄壁、多细胞组成呈圆柱形。染色体  $n = 4$ ，是现知苔藓植物中的最低数。藻苔的特性近似于藻类植物，这对苔藓植物起源于藻类的论点是一个物证，很可能由于它是从水生转为陆生生活的一种过渡类型，对于研究植物的系统演化方面有一定的意义。

我们经过近三年的野外调查，初步整理和鉴定了一部分苔藓标本，现将初步发现的横断山脉地区新记录的 3 种苔藓植物简述如下：

1. 拟复叉苔 图 2 (1—3)

*Pseudolepicolea trollii* (Herz.) Grolle et Ando subsp. *andoi* (Schust.) Hatt. et Mizt. (睫毛苔科 *Blepharostomataceae*)

植物体纤细，淡绿色。茎柔弱，长约 1 厘米。叶片深 2 裂，每裂片再分成 2 裂，小裂片长度为叶片长度的  $3/4$ ，披针形，有时弯曲似镰刀状，叶片基部为 2—5 个细胞宽，壁薄，复叶与侧叶同形。未见生殖器官。

分布：原产我国台湾省和日本，1982年在云南，维西县碧罗雪山，海拔 3000 米，沼泽附

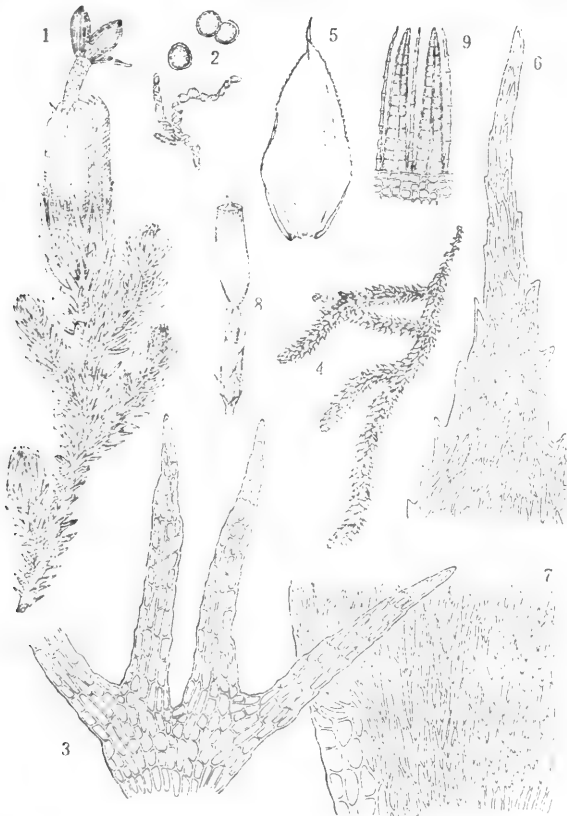


图 2 拟复叉苔 *Pseudolepicolea trollii* (Herz.) Grolle et Ando subsp. *andoi* (Schust.) Hatt. et Mizt.

1. 具孢蒴的植株  $\times 16$ ; 2. 孢子和弹丝  $\times 290$ ; 3. 叶片  $\times 154$

*Endotrichella elegans* (Doz. & Molke.) Fleisch.

4. 具孢蒴的植株  $\times 1$ ; 5. 叶片  $\times 11$ ; 6. 叶尖细胞  $\times 154$ ; 7. 叶基细胞  $\times 154$ ; 8. 孢蒴和苞叶  $\times 12$ ; 9. 蒴齿  $\times 113$  (郭木森绘)

近湿壁上发现有分布。本种为横断山脉地区新记录。

2. 石缝藓 图3 (1—6)

*Saelania glaucescens* (Hedw.) Broth. (牛毛藓科 *Ditrichaceae*)

植物体矮小，高约1厘米，稀疏丛生，常具蓝绿色光泽。茎基部叶片小，顶生簇生而较大，狭长披针形，尖部细长渐尖；上部边缘背卷，有钝尖双列齿，单中肋，长达叶尖或稍突出；叶细胞方形或长方形，厚壁，略有乳头；叶边具两层细胞。雌雄异花同株。蒴柄细长，直立。孢蒴直立，卵圆形或圆柱形，干时有不明显皱褶。环带2—3列细胞，自行脱落。蒴齿红棕色，有短的基膜；齿片纵裂直达基部，有密疣，具不甚高出的横脊。蒴盖圆锥体形，有短喙。

本属仅1种。分布北温带寒地，南非，大洋洲，欧洲，北美洲和我国东北。1981年我们在四川稻城贡嘎雪山，海拔4450—4600米灌丛草甸中发现亦有分布。本种为横断山脉地区新记录。

3. 南亚美藓 图2 (4—9)

*Endotrichella elegans* (Doz. & Molk.) Fleisch. (藓科 *Pterobryaceae*)

植物体粗壮，黄绿色，略具光泽，交织成片生长，高5—10厘米。茎基部有稀疏的假

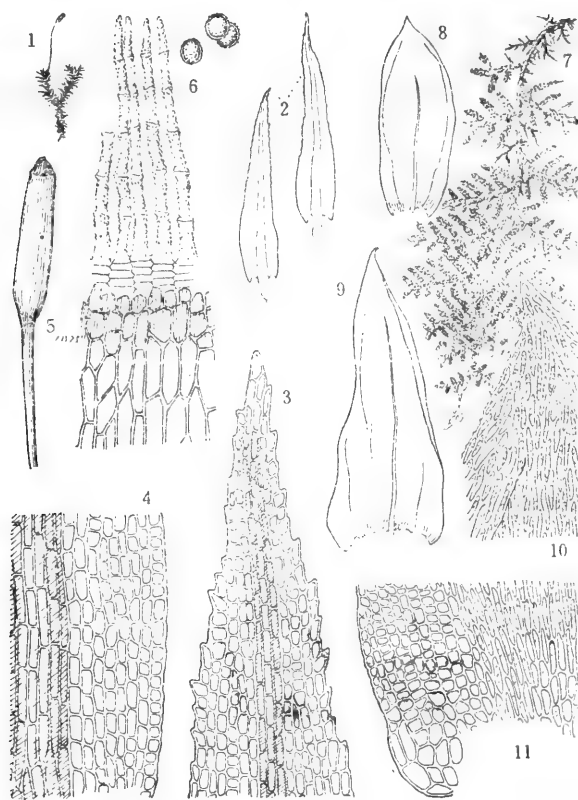


图3 石缝藓 *Saelania glaucescens* (Hedw.) Broth.

1. 具孢蒴的植株×1；2. 叶片×39；3. 叶尖细胞×290；4. 叶基细胞×290；5. 孢蒴×16；6. 蒴齿和孢子×290

蔓枝藓 *Cleistostoma ambigua* (Hook.) Brid.

7. 植物体×3/4；8. 枝叶×39；9. 茎叶×39；10. 叶尖细胞×290；11. 叶基细胞×290 (郭木森绘)

根。支茎单一或稀疏不规则分枝，枝端钝头，下部常有稀疏小形的鳞叶，上部叶片密集着生，略呈扁平排列，叶片长卵形，上部渐狭，渐尖，多内凹，有纵长褶；叶边具齿；中肋2，有时不明显；叶细胞长菱形，壁较厚，平滑，近基部细胞较疏松，有壁孔，角细胞分化，方形或长方形。雌雄异株；雄株细小，芽形，生于雌株叶上。内雌花叶较小，基部半鞘状，渐上成狭长细尖。蒴柄短，直立，平滑。孢蒴略高出，卵状长柱形，淡棕色。蒴齿细小，两层，向内平曲，干燥时反曲。外齿层齿片披针形，具疣；内齿层基膜不高出，齿条近于与外齿层齿片等长，细长形，有节瘤及细疣。蒴盖圆锥形，具斜喙。蒴帽兜形，平滑。孢子棕绿色，具疣。

本属主要分布于亚洲热带地区，多着生于树干上，全世界约40种，我国现知有2种。本种分布于越南，印度尼西亚，缅甸，菲律宾，日本和我国台湾省和珠江流域，1980年我们在西藏墨脱县，海拔900—1400米林下发现有分布，1982年在云南贡山县独龙江树干上亦采到。本种为横断山脉地区新记录。

从以上一些特有属和新记录种可以初步看到横断山脉地区苔藓的种类是非常丰富，区系成分十分复杂。野外考察还在继续，全面深入的研究尚待进行。我们预测，本区将会发现更多的苔藓植物新类群，一定会有更丰富的材料来阐述横断山脉是东亚苔藓植物分布和分化的中心。

## A PRELIMINARY REPORT ON SOME ENDEMIC GENERA AND A NEW RECORD OF BRYOPHYTES OF THE HENG- DUAN MOUNTAINS

Lou Jian-shing                  Wang Mei-zhi  
Institute of Botany, Academia Sinica

### Abstract

So far as known there are 10 endemic genera in Hengduan Mountains accounting approximately for 66.6% of those in China. 29 of the endemic genera in Eastern Asia are in Hengduan Mountains, ca 67.4% of those in Eastern Asia.

Hengduan Mountains are very rich in Bryophytes, not only including many of sub-tropical families and genera, but also including many of temperate and arid and frigid taxa.

Recently, two of the genera *Powellia* and *Porotrichodendron* have been discovered new to China. There are also some new species of Hepaticae including Epiphyllous Liverworts and Mosses in Medog, Zayu, Bomi, Qamdo of the south-eastern Xizang (Tibet.). From 1980-1982, *Takaia lepidozoides* Hatt. et Inoue were first on record in China.

For the past three years, expedition was taken to find three species *Pseudolepicolea trolli* (Herz.) Grolle et Ando subsp. *andoe* (Schust.) Hatt. et Mizt., *Saelania glaucescens* (Hedw.) Broth., *Endotrichella elegans* (Doz. & Molk.) Fleisch. Which were on new record from the Hengduan Mountains now.

## 45. 独龙江流域的真菌区系特点和真菌资源评价

臧 穆 张大成

(中国科学院昆明植物研究所)

独龙江的上游源于西藏境内的克劳龙(河)和麻必罗(河),相汇于云南境内的雄当,西南行从钦朗当出国界,入缅甸,称恩梅开江。其范围是北纬 $27^{\circ}34'40''$ — $28^{\circ}40'$ ,东经 $97^{\circ}41'$ — $98^{\circ}23'41''$ 。所调查的最低海拔为1200米,最高为4200米上下。1983年我们在此无人区共采集真菌标本1200余号(约计500余种)。

### 一、独龙江流域的真菌区系特点

本文讨论的材料仅限于大型真菌。调查的地点是:海拔1500—2500米的山地常绿阔叶林,2600—3100米的针、阔叶混交林和3100—3800米的暗针叶林带。这里是所占面积最广,采集真菌量最多的地带,已采到的种,约在350种以上,占该流域真菌总数的70%。从区系成分组成来说,显示出北温带为主的特色。以牛肝菌科为例,褐疣柄、牛肝菌*Leccinum scabrum* (Fr.) Gray这是北欧(Heikkilä, 1982)、北美(Snell, 1970)和亚洲寒温带的习见种(图1),在本地区的冷杉林下极为习见;橙黄疣柄牛肝菌*L. aurantiacum* (Bull. ex Amans) Gray也是北美、欧洲、日本(Ito, 1959)和我国北部和秦岭山地的习见种,同时在布劳龙一带的冷杉和杜鹃灌丛下亦颇普遍(图1)。这种北温带类型的种类,还有很多,如:褐绒盖牛肝菌*Xerocomus badius* (Fr.) Kühner ex Gilb, 绒盖牛肝菌*X. subtomentosus* (L. ex Fr.) Quél. 等。除牛肝菌科外,属于泛北极成分的真菌尚有:毛盖干酪菌*Tyromyces pubescens* (Schw. ex Fr.) Imaz, 越桔口蘑*Tricholoma vaccinum* (Pers. ex Fr.) Quél. 橙盖鹅膏*Amanita caesarea* (Scop. ex Pers.) Pers. ex Schw., 青鹅膏*Amanita excelsa* (Fr.) Quél., 田头菇*Agrocybe praecox* (Pers. ex Fr.) Fayod, 冠球状盖菇*Stropharia coronilla* (Bull. ex Fr.) Quél. 等。更令人颇饶兴味的是这里有一些可能是洲际间断分布的种类,如东亚和北美洲温带及亚热带地区的某些属种的间断分布的现象。只从Asa Gray (1859)倡导以来,近年来又被李惠林(L<sub>i</sub> Hui Lin, 1952)、吴征镒(1983)等所充实。在高等真菌方面有不少属种,其分布范围虽也可能在其它地方发现,但从近代的分布中心来看仍集中在东亚和北美。如皱盖疣柄牛肝菌*Leccinum rugosiceps* (Pk.) Sing. (图1)见于滇藏和北美;粉孢牛肝菌*Tylopilus indecisis* (Pk) Murr. 原记录于加拿大、美国的密西根和北卡罗里纳,今也见之于独龙江流域;奇异绒盖牛肝菌*Xerocomus mirabilis* (Murrill) Sing. 原记载于美国密西根一带,现亦见于独龙江上游和日东河一带;再如仅产于北美东部的锈色粉孢牛肝菌*Tylopilus ferrugineus* (Frost) Sing. 这次在独龙江流域的秃杉*Taiwania flousiana* Gaussen 林下也被发现。这种北美和东亚的不连续分布种不在少数,如绒牛肝菌*Boletus subvelutipes* Peck. 灰牛肝菌*Boletus griseus* Frost., 金柄牛肝菌*B. miniatoolivaceus* Frost. 及红菇科的簪氏乳菇*Lactarius gerardii* Peck (Hesler, 1979). 等均显示出其间断分布的端倪。

在分析该地区500余种高等真菌的区系成分中,约有50种属于热带成分,占该地区真菌总数的10%。这类真菌主要见于海拔1500米以下的湿热河谷地带,即季风常绿阔叶林下,以独龙江南端的马库和钦朗当一线为代表。这一地带由于雨水集中、林冠多层、林下郁密,枯

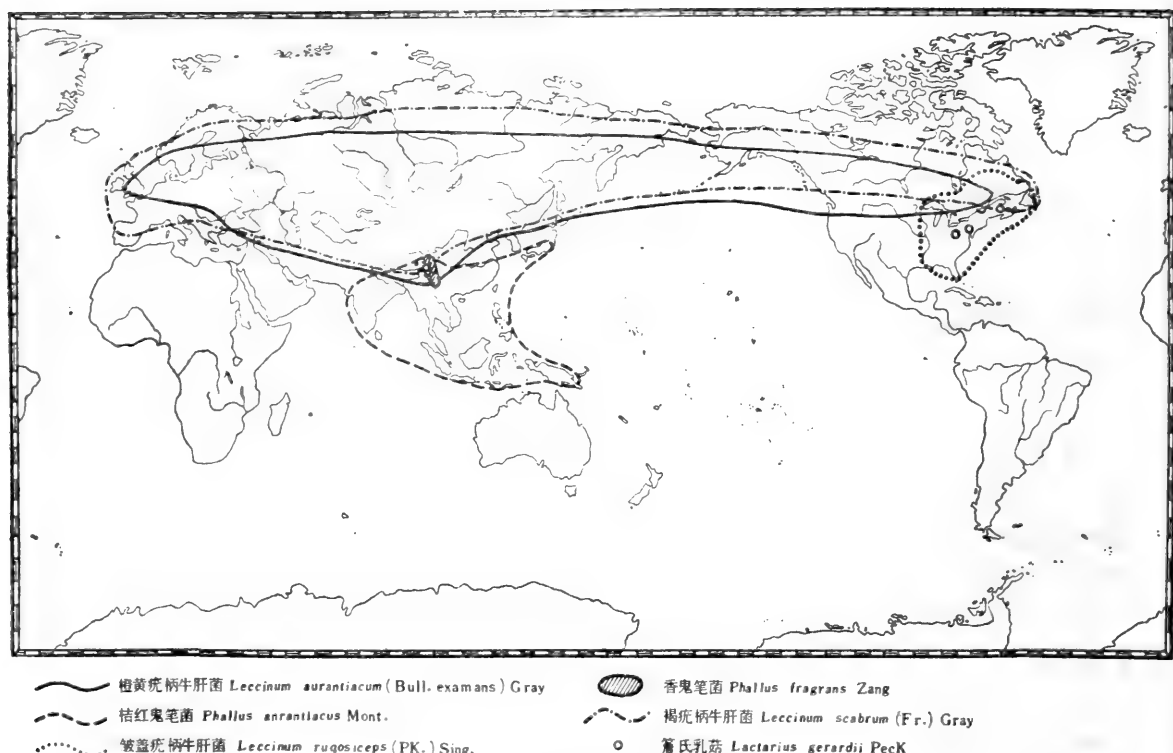


图1 几种真菌的分布示意图

枝落叶层丰厚。但对喜温真菌 (thermophilic fungi) 包括大量的藻状菌、子囊菌和半知菌 (Emerson, 1968) 所猎甚少, 加以蚁、虫、蜗牛等极普遍, 故大型真菌多被蛀蚀, 完整的子实体较难保存。较有代表性的要算腹菌类, 其中灰包目 Lycoperdales 是适于温带和较干旱的环境, 本地区多在海拔2500米以上; 而鬼笔目 Phallales 则被认为是属于热带地区的类群 (Park, 1968), 在本地区仅见于海拔2000米以下; 曾采到的有: 长裙竹荪、*Dictyophora indusiata* (Vent. ex Pers.) Fisch., 散柱鬼笔 *Pseudocolus schellenbergiae* (Sum.) Johnson, 黄皮美口菌 *Calostoma junghuhnii* (Schl. & Muell) Mass. 桔红鬼笔 *Phallus aurantiacus* Mont. 香鬼笔 *Phallus fragrans* Zang (图1) 等。由于藤本植物和竹类植物丰富, 不少热带真菌向北延伸, 聚集在钦朗当一带, 如: 生于葡萄科藤本植物上的杯座孢菌 *Matula poroniaeformis* (Berk et Br.) Mass. 原是斯里兰卡、南亚的热带真菌 (图2), 瘤肉座菌 *Hypocrea tuberculata* Pat. 原记录于北部湾一带 (Pfister, 1977), 而今见于雄当 (图2)。珊瑚菌科的烟色枝瑚菌 *Ramaria fumigata* (Pk) Corner, 怡人拟镇瑚菌 *Clavulinopsis amoena* (Zell. et Mor.) Corner, 银朱拟锁瑚菌红色变种 *C. miniata* (B.) Corner var. *sanguinea* corner 以及仙杖菌属 *Pistillaria* 看来都是亚洲热带向北延伸的属种。粒头仙杖菌 *Pistillaria granulata* Pat. 见于印度, 本区可能有分布, 仙杖菌 *Pistillaria typhuloides* (Pk) Burt. 我国除见于独龙江外, 尚记录于吉林、河北。 (图2) 树干着生的扇形假侧耳 *Ripartites flabellatus* Natarajan 原产印度, 现知也分布于云南。独龙江流域位于横断山脉的西翼, 并处于东喜马拉雅的东南隅, 其间纵横的河流近百余条, 河谷侵蚀强烈下切, 悬崖绝壁逢江截角, 遇水回折, 立体气候悬殊, 小环境独特, 因此不少特

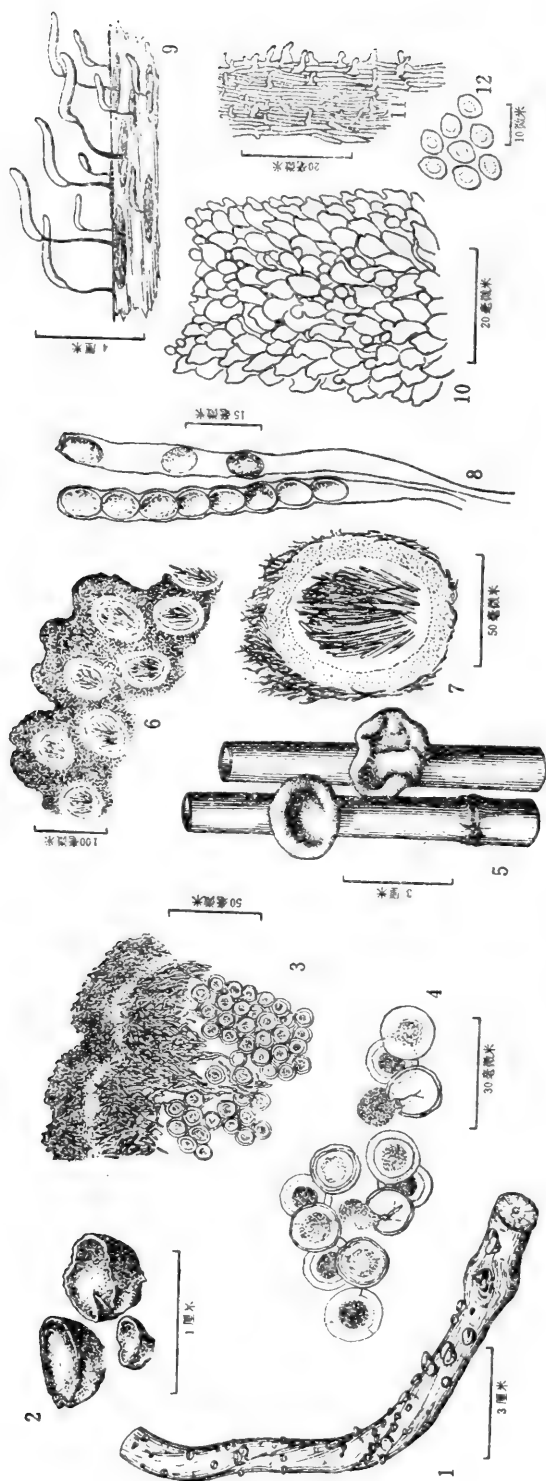


图2 杯座菌 *Matula poroniaeformis* (Berk & Br.) Mass.  
 1. 自然生长情况; 2. 子座; 3. 子座切面; 4. 分生孢子; 瘤肉座菌 *Hypocrea tuberculata* Pat.  
 5. 自然生长情况; 6. 子座纵切面; 7. 子囊壳纵切面; 8. 子囊和子囊孢子; 仙杖菌 *Pistillaria typhuloides* (Pk) Bart. 9. 自然生长情况; 10. 孕性头部的部分, 11. 柄部菌丝; 12. 担孢子

有属种应运而生，加以高原的升起，适于这种独特环境的某些特有种，其形态习性都呈现出其特有的特色。如红胶耳 *Femsjonina rubra* Zang 的子实层的艳丽色泽，子实体的毛绒革壳即是适于高原的一例。（Zang, 1983）。小圆孢牛肝菌 *Gyroporus microsporus* Zang 生于松林下微具贫瘠砂土的岩表，迄今只见于滇西北和滇藏交界的狭小地带；最近发现的红疣柄牛肝菌 *Leccinum rubrum* Zang 其紫红的色泽，和柄部密被厚绒的外观；刺褶牛肝菌区 *Boletus setulosus* Zang 其侧生囊状体的密集和成丛的特点都为其它地区所罕见。现知本地包括横断山区的特有高等真菌约10种，约占总数的2%。

## 二、独龙江流域的真菌资源评价

独龙江流域目前是一个植被保护良好的地区，尤其从雄当至西藏的邦果一线，基本是一个原始林区 and 未被开垦的处女地。在一些土质贫薄的岩表，树木和灌丛的根系厚不过20厘米，但菌根发育良好，植被覆盖完整，因此筛选可利用的菌根菌，更好地利用树木和真菌的共生关系，这对造林、经济植物的引种推广至为重要，而本区蕴育着大量的菌根资源。现将一些外生菌根菌与有关树种可能存在共生关系者，简列如下：（括号内附有菌根关系的植物名称）

|         |                                                                                                                      |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 块鳞灰鹅膏   | <i>Amanita spissacea</i> Imai (冷杉属 <i>Abies</i> )                                                                    |
| 双色牛肝菌   | <i>Boletus bicolor</i> Peck. (山毛榉科 <i>Fagaceae</i> )                                                                 |
| 橙香牛肝菌   | <i>Boletus citrifragrans</i> Chiu et Zang (松属 <i>Pinus</i> , <i>Abies</i> )                                          |
| 红柄牛肝菌   | <i>Boletus erythropus</i> Fr. ex Fr. ( <i>Abies</i> )                                                                |
| 火红牛肝菌   | <i>B. flammans</i> Dick et Snell (铁杉 <i>Tsuga domosa</i> , <i>Pinus</i> )                                            |
| 华丽牛肝菌   | <i>B. magnificus</i> Chiu (云南松 <i>Pinus yunnanensis</i> )                                                            |
| 金柄牛肝菌   | <i>B. miniato-olivaceus</i> Frost. ( <i>Tsuga domosa</i> )                                                           |
| 斑点牛肝菌   | <i>B. punctilifer</i> Chiu ( <i>Pinus yunnanensis</i> )                                                              |
| 高地丝膜菌   | <i>Cortinarius bovinus</i> Fr. ( <i>Abies</i> , 杜鹃属 <i>Rhododendron</i> )                                            |
| 褐色丝膜菌   | <i>C. decoratus</i> (Fr.) Fr. ( <i>Pinus</i> ?)                                                                      |
| 褐孔牛肝菌   | <i>Fuscoboletinus glandulosus</i> (Peck) Pom et Smith ( <i>Pinus yunnanensis</i> )                                   |
| 褐圆孢牛肝菌  | <i>Gyroporus castaneus</i> (Fr.) Quel. ( <i>Pinus</i> , <i>Tsuga</i> )                                               |
| 小圆孢牛肝菌  | <i>Gyroporus microsporus</i> Zang ( <i>Pinus yunnanensis</i> )                                                       |
| 橙黄疣柄牛肝菌 | <i>Leccinum aurantiacum</i> (Bull. ex Amans) Gray ( <i>Abies</i> , <i>Rhododendron</i> )                             |
| 豆苞菇     | <i>Pisolithus tinctorius</i> (Pers.) Coker et Couch ( <i>Pinus</i> , <i>Tsuga</i> , <i>Abies</i> )                   |
| 多根硬皮马勃  | <i>Scleroderma polyrhizum</i> Pers. ( <i>Pinus yunnanensis</i> )                                                     |
| 灰疣硬皮马勃  | <i>Scleroderma verrucosum</i> Pers. ( <i>Pinus</i> )                                                                 |
| 乳牛肝菌    | <i>Suillus bovinus</i> (L. ex Fr.) Kuntz. ( <i>Pinus densata</i> , <i>Pinus yunnanensis</i> , <i>P. griffithii</i> ) |
| 淡黄乳牛肝菌  | <i>Suillus flavidus</i> (Fr.) Sing. ( <i>Pinus yunnanensis</i> )                                                     |
| 褐环乳牛肝菌  | <i>Suillus luteus</i> (Fr.) Gray. ( <i>Pinus</i> )                                                                   |



另外,在本地区对凡可供食用或民间入药的真菌,以及可以杀死害虫的真菌亦有所采集,仅将蕴藏量较大或经济价值较大的真菌,简列如下:

|           |                                                                                                                                                       |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 木耳        | <i>Auricularia auricula</i> (L. ex Hook) Underw. (食菌)                                                                                                 |
| 毛木耳       | <i>Auricularia polytricha</i> (Mont. ) Sacc. (食菌)                                                                                                     |
| 美味牛肝菌     | <i>Boletus edulis</i> Bull. ex Fr. (食菌)                                                                                                               |
| 橙香牛肝菌     | <i>Boletus citrifragrans</i> Chiu et Zang (食菌)                                                                                                        |
| 血红牛肝菌     | <i>Boletus rubellus</i> Krombh (食菌)                                                                                                                   |
| 见手青       | <i>Boletus speciosus</i> Frost. (食菌)                                                                                                                  |
| 白僵菌一种     | <i>Beauveria</i> sp. (能杀死蝗虫)                                                                                                                          |
| 乳酪金钱菌     | <i>Collybia butyracea</i> (Bull. ex Fr. ) Quél. (食菌)                                                                                                  |
| 虫草        | <i>Cordyceps sinensis</i> (Berk. ) Sacc. (稀少、入药。同属尚有:<br><i>C. militaris</i> (L. ex Fr. ) Link, <i>C. nutans</i> Pat., <i>C. tricerentria</i> Yasuda) |
| 蓝丝膜菌      | <i>Cortinarius caerulescens</i> (Schaeff. ) Fr. (食菌)                                                                                                  |
| 隐孔菌 (树疙瘩) | <i>Cryptoporus volvatus</i> (Peck) Hubb (入药)                                                                                                          |
| 肉球菌       | <i>Engleromyces goetzii</i> Henn. (入药)                                                                                                                |
| 牛舌菌       | <i>Fistulina hepatica</i> (Schaeff) Fr. (食菌)                                                                                                          |
| 红铆钉菇      | <i>Gomphidius roseus</i> (Fr. ) Gill. (食菌)                                                                                                            |
| 竹红菌       | <i>Hypocrella bambusicola</i> Sacc. (入药)                                                                                                              |
| 硫磺菌       | <i>Laetiporus sulphureus</i> (Bull. ex Fr. ) Bond. et Sing. (食菌)                                                                                      |
| 香鬼笔       | <i>Phallus fragrans</i> Zang (孢子洗净后可食)                                                                                                                |
| 胶勺        | <i>Phlogiotis helvelloides</i> (DC. ex Fr.) Martin (食菌)                                                                                               |
| 金顶侧耳      | <i>Pleurotus citrinopileatus</i> Sing (食菌)                                                                                                            |
| 肺形侧耳      | <i>Pleurotus pulmonarius</i> (Fr. ) Quél. (食菌)                                                                                                        |
| 金耳        | <i>Tremella lutescens</i> Pers. (食菌, 并入药)                                                                                                             |
| 虎掌菌       | <i>Tremellodon gelatinosum</i> (Scop. ) Fr. (食菌)                                                                                                      |

### 参 考 文 献

- (1) 吴征镒、王荷生, 1983, 中国自然地理, 植物地理 (上册), 科学出版社, 66—73.
- (2) Emerson R., 1968, Thermophiles, In *The Fungi*, 3, 119.
- (3) Gray A., 1859, Diagnostic characters of phanogramous plants, collected in Japan by Charles Wright, Botanist of the U. S. North Pacific Exploring Expedition, with observations upon the relations of the Japanese Flora to that of N. America, and of other parts of the northern temperate zone. *Mem. Amer. Acad. Arts & Sci. N. S.* 6, 377—453.
- (4) Heikkilä H., 1982, Boletes from Northern Finland (Lapland) . In *Arctic and Alpine Mycology*. 316—330.
- (5) Hesler L. R. & A. H. Smith, 1979, North American species of *Lactarius*. 111—115.
- (6) Ito S., 1959, *Mycological Flora of Japan* 2 (5), 40—44.
- (7) Li H. L., 1952, Floristic relationships between Eastern Asia and Eastern N. America, *Trans. Am. Philos. Soc. n. ser.* 42, 371—429.
- (8) Park D., 1968, The Ecology of terrestrial fungi. In *The Fungi* 3, 25.

- (9) Pfister D. H., 1977, Annotated Index to fungi described by N. Patouillard. 195.  
(10) Snell W. H., 1970, The Boleti of Northeastern North America. 100—107.  
(11) Zang Mu. 1983, Notes on the genus *Femsjonia* in China. *Mycologia* 75(3), 468—471.

## THE CHARACTERISTICS OF MYCOFLORA AND THE EVALUATION OF FUNGAL RESOURCES FROM TU LUNG RIVER VALLEY

Zang Mu                      Chang Da-ching

Kunming Institute of Botany, Academia Sinica

Abstracts

The sources of the Tu (Du) Lung River are two rivers at the southern boundary of Xizang (Tibet) and run parallel southward to unite above Xung Dang in Yunnan. The area of research is between  $27^{\circ} 34' 40''$ — $28^{\circ} 40'$  N and  $97^{\circ} 41'$ — $98^{\circ} 23' 41''$  E. This area is uninhabited. In 1983, the authors made an mycological expedition there. 1200 higher fungi field number ca 500 species are collected, among which more than 350 species are belonging to the element of north temperate area type. 50 species should be classified as the element of tropical area type. The element of endemic type from Hengduan Mts amount to 10 species and more, e. g. *Phallus fragrans* Zang, *Cordyceps sinensis* (Berk.) Sacc., *Boletus citrifragrans* Chiu et Zang etc. Some edible mushrooms and ectotrophic mycorrhizal fungi also are discussed in this paper.

# 横断山地区自然资源评价及其利用

## 46. 甘孜州南部地区农业类型与农业分区

孙 尚 志

(中国科学院自然资源综合考察委员会)

甘孜州位于四川省西部,其南部地区(以下简称本地区)包括川藏公路南线及其以南的泸定、康定、九龙、雅江、理塘、巴塘、乡城、稻城、德荣九县,共154个人民公社,面积为59082平方公里,占甘孜州的39.5%。1981年底总人口为362367人,占甘孜州的48.3%。甘孜州面积辽阔,南北差异显著,在四川省农业区划中,将地势高亢、类型较为单纯的北部地区九个县划入川西北高原牧业区,而将条件及类型复杂的本地区分别划入川西高山深谷林、农、牧区及川西南中山山地林、牧、农区。研究本地区的农业类型和农业分区,对于补充和完善省级区划,开展横断山区二级农业区划有实际意义。

### 一、自然条件特征与地域分异

#### 1. 纵向排列的山河大势

本地区位处横断山脉中段,受到新构造运动的强烈影响,褶皱、断层极为发育,在近南北主构造线制约下形成纵向排列的山河大势。地势北高南低,境内金沙江河谷由海拔2800米降至2020米,雅砻江河谷由海拔3000米降至1440米,大渡河河谷由海拔1800米降至1000米。三大江河间,沙鲁里山、大雪山地势高亢,在距江河不足20公里的岭脊线附近已升至海拔4000米以上,相对高度往往超过2000米。泸定、康定交界处大雪山主峰贡嘎山海拔7556米,为境内第一高峰。

#### 2. 水热条件有垂直变化和水平变化

一般来说,热量条件随海拔增高而降低。据康定县不同台站测定,折多山以东每上升100米约下降 $0.65^{\circ}\text{C}$ ,折多山以西为 $0.6^{\circ}\text{C}$ 。因地理位置和山地地形的不同,同海拔热量条件有西高东低的趋势,海拔2500米处金沙江流域约分别高出雅砻江、大渡河 $3-6^{\circ}\text{C}$ ,至海拔4200米以上,这种东西部差别才消失。

降水量东多西少。年平均相对湿度,大渡河流域在65%以上,雅砻江为50—60%,金沙江在50%以下,德荣县年降水量仅324.7毫米,年平均相对湿度为45%,其南端为我国西南地区的干旱中心,降水极少而蒸发强盛(见表1)。

#### 3. 复杂多样的土壤、植被类型

本地区土壤、植被类型繁多,呈明显地带性。土壤由低到高依次为碳酸盐褐土、山地褐土、山地棕壤、山地暗棕壤、黑毡土(亚高山草甸土)、草毡土(高山草甸土)、高山寒漠土。植被大体依次为干旱河谷灌丛、常绿及落叶阔叶混交林、针、阔叶混交林、亚高山草甸(阳坡)及针叶林(阴坡)、高山灌丛草甸及高山草甸。土壤、植被类型的分布大都与一定

表 1 甘孜州南部地区气候条件①

| 台站名 | 项目 | 海拔<br>(米) | 平均气温 (℃) |      |      | ≥10℃<br>积温<br>(℃) | 年降水<br>量(毫米) | 年蒸发<br>量(毫米) | 年平均<br>相对<br>湿度% | 年日照<br>时数 | 无霜<br>期(天) |
|-----|----|-----------|----------|------|------|-------------------|--------------|--------------|------------------|-----------|------------|
|     |    |           | 全年       | 七月   | 一月   |                   |              |              |                  |           |            |
| 理塘  |    | 3948.9    | 3.0      | 10.5 | -6.0 | 301.3             | 725.8        | 1427.3       | 57               | 2624.2    | 50.9       |
| 稻城  |    | 3727.7    | 4.1      | 11.9 | -5.9 | 626.6             | 637.7        | 1846.9       | 56               | 2622.7    | 81.2       |
| 九龙  |    | 2987.3    | 8.8      | 15.2 | 0.7  | 1955.1            | 892.8        | 1811.9       | 61               | 1938.0    | 185.6      |
| 乡城  |    | 2842.0    | 10.6     | 17.7 | 1.9  | 2979.9            | 461.9        | 2299.8       | 51               | 2029.5    | 161.0      |
| 康定  |    | 2615.7    | 7.2      | 15.7 | -2.5 | 1547.9            | 804.5        | 1301.7       | 73               | 1737.7    | 183.6      |
| 雅江  |    | 2600.9    | 10.8     | 18.1 | 1.4  | 3098.3            | 705.7        | 1949.8       | 53               | 2319.0    | 176.8      |
| 巴塘  |    | 2589.2    | 12.5     | 19.6 | 3.7  | 3608.2            | 474.4        | 1956.8       | 47               | 2452.9    | 187.6      |
| 德荣  |    | 2422.9    | 14.5     | 21.7 | 5.5  | 4458.3            | 324.7        | 缺            | 45               | 1953.4    | 269.3      |
| 泸定  |    | 1321.2    | 15.4     | 22.8 | 6.2  | 4788.4            | 636.8        | 1578.6       | 66               | 1155.3    | 280.0      |

① 据青藏科考队气候组资料至1980年

表 2 甘孜州南部地区主要生物—气候类型

| 类<br>型                            | 项<br>目 | 分布(海拔上限,米) |       |      | 平均气温 (℃) |       |           | ≥10℃<br>积温<br>(℃) | 主要土<br>壤类型        | 主 要 植<br>被 类 型                |
|-----------------------------------|--------|------------|-------|------|----------|-------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------------------|
|                                   |        | 金沙江        | 雅砻江   | 大渡河  | 全年       | 七月    | 一月        |                   |                   |                               |
| I. 高山寒带高山<br>草甸—草毡土类型             |        | >4200      | >4200 | —    | <0       | <8    | <-8       | 0                 | 草毡土               | 地衣、苔藓、高山<br>荒漠及高山灌丛<br>高山草甸   |
| II. 亚高山亚寒带<br>高山灌丛草甸—黑<br>毡土类型    |        | 4200       | 4200  | —    | 0—3      | 8—10  | -8—<br>-6 | 0—500             | 黑毡土               | 杜鹃、香柏亚高山<br>灌丛草甸及小嵩草<br>亚高山草甸 |
| III. 中山上段寒温<br>带暗针叶林—山地<br>棕壤类型   |        | 4000       | 3800  | —    | 3—6      | 10—13 | -6—<br>-4 | 500—<br>1500      | 山地<br>棕壤          | 云杉、冷杉暗针叶<br>林及禾草莎草草甸          |
| IV. 中山中段凉温<br>带针阔叶混交林—<br>山地褐土类型  |        | 3400       | 3200  | 2800 | 6—8      | 13—15 | -4—<br>-2 | 1050—<br>1800     | 山地<br>褐土          | 铁杉、云南松、<br>油松、桦等针、阔叶<br>混交林   |
| V. 中山下段暖温<br>带常绿及落叶阔叶<br>林—褐土类型   |        | 3200       | 3000  | 2600 | 8—12     | 15—18 | -2—2      | 1800—<br>3200     | 山地褐<br>土碳酸<br>盐褐土 | 漆、樟、杨、桦等<br>常绿及落叶阔叶林          |
| VI. 中山河谷亚热<br>带带刺灌丛—碳酸<br>盐褐土类型上部 |        | 2800       | 2500  | 1800 | 12—15    | 18—22 | 2—5       | 3200—<br>4800     | 碳酸<br>盐褐土         | 白刺花、羊蹄甲等<br>干旱河谷灌丛            |
| 下 部                               |        | —          | 2200  | 1500 | >15      | >22   | >5        | 74800             | 碳酸盐<br>褐土         | 白刺花、仙人掌等<br>干旱河谷灌丛            |

的水热条件相符合，其分布高度在各流域不同。以白刺花、羊蹄甲、金合欢、黄荆为代表的干旱河谷灌丛，其分布上限在大渡河流域为1800米，在雅砻江流域为2600米，在金沙江流域为3100米。据笔者在西藏境内考察，在澜沧江和怒江河谷其分布高度可分别延伸至海拔3500米和3900米，并有西高东低的明显趋势，与本区湿润程度的变化相一致。而在海拔4200米以上的高山灌丛草甸和高山草甸地带，气候阴湿寒冷，年平均气温降至 $0^{\circ}\text{C}$ 以下，反映不出东、西部明显差别。

## 二、农业生产特征与地域分异

甘孜州南部是一个以森林、草原为主体的农、林、牧业交错地带，森林以云杉、冷杉等暗针叶林为主，牧业以牦牛、山羊为主，作物以青稞、小麦为主，玉米在河谷地区有广泛分布。目前生产水平不高，但发展潜力很大。

### 1. 林牧业资源占优势，地域差异显著。

甘孜州农业自然资源调查尚在进行，据1981年资料，本地区有草原4216万亩，占土地总面积43.6%，森林占12.9%，而耕地仅占0.65%。理塘、康定为草原主要分布区，林地以理塘、雅江、九龙、康定为多。耕地侧重在康定、泸定。就森林资源而言，本地区总蓄积量为2—3亿立方米，按土地面积和按人口计算的蕴藏量分别相当于四川全省的1.6倍和4.5倍，是重要用材林基地。但在本地区1981年农业总收入中，种植业占59.44%，牧业占13.92%，林业仅占2.54%。

对154个公社农牧业收入进行区域分异度分析，农业（种植业）相对区域分异度为30.12%，牧业达108.02%，且与地域条件关系密切。

### 2. 牲畜构成中牦牛居主导地位，河谷地区以山羊为主。

本地区1981年共有各类牲畜132.18万头，人平均3.7头，其中牦牛（包括犏牛，下同）占33.56%，山羊占26.56%，其它：猪占13.35%，绵羊占11.29%，黄牛占11.19%，马、驴、骡共占3.93%。水牛仅0.16万头，占0.12%，仅见于泸定县和九龙县南部。

牲畜以折多山以西为主要分布区。牦牛在理塘、康定、雅江三县亚高山草甸及高山草甸地区分布最集中，在纯牧业和以牧业为主的地区，其占牲畜总头数比重一般在40%以上，高的可达70%，而在气候温暖的一年两熟地区，其比重显著下降，至泸定县大部分公社已无牦牛，而为黄牛、水牛所代替。

山羊以金沙江、雅砻江干旱河谷和亚高山灌丛草甸为集中分布区，巴塘、雅江、德荣三县占本地区山羊总数的50.59%。

### 3. 青稞、小麦分布较为广泛，河谷地区以玉米为集中。

本地区1981年各类作物总播种面积为68.59万亩，复种指数为110.97%，其中小麦占总播种面积的19.27%，青稞占25.16%，玉米占25.72%。春青稞、春小麦和西藏肥麦对高寒环境有较强适应性，在折多山以西有广泛分布，其上限约为海拔3800米，而小春作物中青稞、小麦仅分布于海拔较低可复种的河谷地区，数量有限。

玉米性喜温暖气候，春玉米生长期需 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $2800^{\circ}\text{C}$ — $3000^{\circ}\text{C}$ ，夏玉米可略少 $500^{\circ}\text{C}$ — $600^{\circ}\text{C}$ 。在本地区大渡河流域有广泛分布，沿雅砻江干流分布至海拔3000米的绒坝附近，沿金沙江干支流亦大致到海拔3000米的松多、定波、沙贡一线。在其生长区域内比重相差甚大，相对区域分异度达103.95%，其比重大小往往反映出热量条件和复种程度的高低。

#### 4. 经济林木种类多、数量少，地域性强。

本地区经济林木有果、桑、茶、木本油料等。1981年果园面积为2826亩，以苹果较多。

各种经济林木有对环境条件的不同要求和适应性。苹果、梨分布上限约与玉米生长带一致。柑桔喜暖热气候，沿金沙江分布于苏哇龙海拔2400米以下，沿雅砻江分布于八窝龙海拔2200米以下，沿大渡河流域分布于四济、瓦斯海拔1500米以下。桑园、茶园以九龙县为主，泸定有少量分布。木本油料以核桃为主，在折多山以西干旱河谷可分布到海拔2900米，大渡河流域在海拔2000米以下。其它经济林木有板栗、花椒、漆、油桐等，均有其分布区，如花椒在金沙江分布到海拔3100米，在大渡河为2500米。研究经济林木分布及其组合对农业类型和农业区的划分亦有重要参考意义。

### 三、农业生产地域类型

农业生产地域类型（简称农业类型）反映某一地域农业生产条件与农业生产特征，在划分时还应考虑发展方向和一定级别行政区界的完整。农业类型的确定是农业分区的基础。

在甘孜州南部地区农业类型划分时，我们是在实地考察基础上，充分研究各地区自然条件、农业特征的异同和地方领导部门对农业类型、区域的习惯划分。同时，详细分析以公社为单位反映农业生产特征的29项农业经济指标<sup>①</sup>，从中选择出7项与地域条件关系密切而相对区域分异度又大的指标作为类型划分的依据。这7项指标是牧业占农业总收入百分数，牦牛占牲畜总头数的百分数，复种指数、小春粮食作物、玉米占作物总播面积的百分数，农业人口平均耕地数量、牲畜头数。由于剔除了次要的和干扰性的指标，按上述指标逐项分析的结果，可清晰划出农、牧业结构不同、熟制不同的三大类型，即牧业类型，牧、农一熟类型，农牧复种类型。为避免单要素评定可能出现的偏差，也为探讨机械分类的可信性，我们将上述7项指标在136个公社（九龙县个别指标不齐、未输入）作了聚类分析，按多要素综合计算出各公社间的欧氏距离，用最长距离法分类的结果，一类即我们所判定的牧业类型，完全愈合。二类即我们所判定的牧、农一熟类型，还包括我们划入三类，但复种很少的松多、甲英、地巫三个公社。三类即我们所判定的农、牧复种类型，还包括复种很少，我们划入二类的雅江县、雅砻江河谷几个公社。聚类分析的结果表明，它既印证了我们单项分析和调查分类的结果，又能对我们分类时忽略的地点和界限作出补充。这一方法值得在横断山区和其它地区作进一步的尝试<sup>②</sup>。

任何分类都与我们选取的要素有关。根据本地区的实际情况，我们必须按地貌和林地状况在上述二、三类间加一林、农、牧类型，并按水田、经济林木分布状况将一年两熟区作进一步的划分，由此得出甘孜州南部地区四大类六亚类的分类体系，概述如下：

I. 牧业类型：共10个公社，占公社总数6.5%，海拔在3800—4000米以上，生物-气候带属亚高山亚寒带，亚高山灌丛草甸-黑毡土类型和高山寒带，高山草甸-草毡土类型。年平均气温低于3℃。其农业生产特征是无耕地、林地极少，人平均牲畜多在10头以上，其中牦牛占40%以上。牧业收入一般占农业总收入50%以上。

II. 牧、林、农类型：共39个公社，占公社总数25.3%。海拔3200—3400米以上，生物

<sup>①</sup> 包括部门构成8项，牲畜结构7项，作物结构及复种指数11项，生产水平3项

<sup>②</sup> 聚类分析过程及对比另文详述

—气候带属中山上段寒温带暗针叶林—山地棕壤类型。年平均气温 3—6℃。其农业生产特征是耕地与冬春草场交错分布，作物以一年一熟青稞、小麦为主，无玉米种植。牧业较发达，人平均牲畜 4 头以上，其中牦牛多于 30%，牧业收入一般超过 20%。以冷杉，云杉为主的暗针叶林有较广泛分布。气候寒冷，基本无经济林木种植。

Ⅲ<sub>1</sub>. 林农牧一年一熟类型：共 18 个公社，占公社总数 11.7%。海拔在金沙江流域为 3200—3400 米，雅砻江流域为 3000—3200 米，大渡河流域为 2600 米以上，生物—气候带属中山中段凉温带针阔叶混交林—山地褐土类型。年平均气温 6—8℃。其农业生产特征是作物以青稞、小麦为主，复种指数 110% 以下，除个别地点有少量荞麦、圆根复种外，基本为一年一熟。地形坡度大，林地面积显著增加，而人平均牲畜及牦牛所占比重减少。经济林木有耐温凉的苹果品种出现。

Ⅲ<sub>2</sub>. 林农牧两年三熟类型：共 30 个公社，占公社总数 19.5%。海拔在金沙江流域为 2800—3200 米，雅砻江流域为 2500—3000 米，大渡河流域为 1800—2600 米。生物—气候带属中山下段暖温带常绿及落叶阔叶林—褐土类型。年均温 8—12℃。其农业生产特征是小麦、青稞收后可复种一季荞麦或圆根，复种玉米则需选用早熟品种套种。一季玉米比重增大，复种指数一般为 110—120%。牲畜中山羊头数及比重加大，常绿阔叶树种有樟、杨、桦等，苹果、梨、核桃、板栗、花椒、漆等经济林木生长良好，为果品主产区。

Ⅳ<sub>1</sub>. 农林牧旱作两熟类型：共 38 个公社，占公社总数 24.3%。海拔在金沙江流域为 2800 米以下，雅砻江流域为 2200—2500 米，大渡河流域为 1500—1800 米。生物—气候带属中山河谷亚热带带刺灌丛—碳酸盐褐土类型，年平均气温 12—15℃。其农业生产特征是由于地形狭窄人平均耕地多在 2 亩以下，而复种指数均超过 120%，高者可达 200%，小春粮食作物可占作物总播面 30% 以上。由于单产相对较高，人平均产粮为 800—1000 斤。牧业以山羊等小畜为主，牦牛只能放牧于附近高山，在牲畜构成中比重降至 20% 以下。天然林甚少，而经济林木种类繁多，有柑桔出现。

Ⅳ<sub>2</sub>. 农林牧水旱两熟类型：共 19 个公社，占公社总数 12.3%。海拔在雅砻江流域为 2200 米以下，在大渡河流域为 1500 米以下。生物—气候带同农林牧旱作两熟类型，但因海拔降低，至大渡河流域已属低山河谷，年平均气温上升到 15℃ 以上，有仙人掌植物出现。其农业生产特征是复种指数一般在 140% 以上，普遍实行小春作物、玉米两熟，并有水稻种植。牲畜很少，人平均多不足 2 头，牦牛极少，黄牛、猪比重显著上升，并有水牛出现。天然林很少，而适于多种经济林木生长，为柑桔、桑、茶分布区。

## 四、农 业 分 区

农业类型在横断山区往往交错分布，在不同地区重复出现，而在研究其组合和分布特征后，以主要类型为基础，将相邻类型适当归并，便能形成完整、连片的农业区。

甘孜州南部河谷地区主要为农、林、牧类型及林、农、牧类型，高原山地主要为牧、林、农类型，其中包含部分牧业类型。不同流域的河谷地区，其以公社为单位的类型、熟制结构不同，如金沙江河谷以农、林、牧旱作两熟类型(Ⅳ<sub>1</sub>)为主，大渡河上段河谷以林、农、牧两年三熟类型(Ⅲ<sub>2</sub>)为主，下段以农、林、牧、水、旱两熟类型(Ⅳ<sub>2</sub>)为主，而雅砻江河谷以林、农、牧一年一熟类型(Ⅲ<sub>1</sub>)为主。以人均收入最大为目标值，对不同地区十项要素<sup>①</sup>逐步回归分析的结果，不同要素在不同地区影响程度不同，由此我们划出六个方向不

表3 甘孜州南部地区农业生产地域类型

| 项 目<br>类 型 |         | 所 含 公 社    |                         |                   |                      |
|------------|---------|------------|-------------------------|-------------------|----------------------|
|            |         | 合 计<br>(个) | 巴 塘                     | 乡 城               | 稻 城                  |
| 1. 牧业类型    |         | 10         |                         |                   |                      |
| II. 牧林农类型  |         | 39         | 亚日贡、波密、波戈溪、茶洛、沙溪、列衣、德达  | 热达、白衣             | 桑堆、木拉、茹布、省母、傍河、色拉、赤土 |
| III. 林农牧类型 | 1. 一年一熟 | 18         | 松多①、甲英、地巫②              |                   |                      |
|            | 2. 两年三熟 | 30         | 拉哇、党村、莫多、中咱、茨巫、白松       | 定波、正斗、沙贡、水洼       | 巨龙②、日瓦②              |
| IV. 农林牧类型  | 1. 旱作两熟 | 38         | 前进、竹巴龙、团结 苏哇龙、昌波、中心绒、贡波 | 河东、河西、青德、青墨、洞松、热乌 | 蒙自、各卡、吉呷、俄牙同         |
|            | 2. 水旱两熟 | 19         |                         |                   |                      |

| 项 目<br>类 型 |         | 所 含 公 社    |                                            |                            |                          |
|------------|---------|------------|--------------------------------------------|----------------------------|--------------------------|
|            |         | 合 计<br>(个) | 理 塘                                        | 雅 江                        | 康 定                      |
| 1. 牧业类型    |         | 10         | 禾尼、曲登、村戈、奔戈、格则、格木                          | 柯拉、红龙                      | 龙古、拉龙                    |
| II. 牧林农类型  |         | 39         | 邓波、德巫、雄坝、甲洼、藏坝、上木拉、中木拉、下木拉、拉波、麦德、喇嘛垭、高城、章纳 | 西俄洛、德差、祝桑                  | 瓦泽、东俄洛、甲根坝、呷甲巴、朋布西、沙德、六巴 |
| III. 林农牧类型 | 1. 一年一熟 | 18         | 觉吾、亚火、绒坝、呷柯、莫坝、君坝、啥衣                       | 河口、八角楼、呷拉、补巴绒、米龙、麻郎错、东升、木绒 | 城郊、雅拉、榆林                 |
|            | 2. 两年三熟 | 30         |                                            | 八衣绒、恶古、牙衣河                 | 宜代、麦本、前溪、三合、新和、棒塔、民政、战旗  |
| IV. 农林牧类型  | 1. 旱作两熟 | 38         |                                            | 波斯河                        | 吉居、四济、舍联、瓦斯              |
|            | 2. 水旱两熟 | 19         |                                            |                            |                          |



| 项 目             |         | 所含公社       |          |             |                     | 农、林、牧业主要特征 |          |             |
|-----------------|---------|------------|----------|-------------|---------------------|------------|----------|-------------|
| 类 型             |         | 合 计<br>(个) | 泸定       | 德荣          | 九龙                  | 牧业占农业总收入%  | 牦牛占牲畜总数% | 复种指数%       |
| I. 牧业类型         |         | 10         |          |             |                     | >50        | >40      | <100        |
| II. 牧林农类型       |         | 39         |          |             |                     | 20—50      | >30      | <100        |
| III. 林农牧<br>类 型 | 1. 一年一熟 | 18         |          |             | 汤古①<br>斜卡①          | 5—20       | 10—30    | 100—110     |
|                 | 2. 两年三熟 | 30         |          |             | 呷尔、乃渠、踏卡、湾坝、洪坝      | 5—20       | 10—30    | 110—120     |
| IV. 农林牧<br>类 型  | 1. 旱作两熟 | 38         | 岚安③      | 全部(9社)      | 上团、三八岩龙、窝龙、拉溪       | 1—10       | 5—20     | 120—200     |
|                 | 2. 水旱两熟 | 19         | 除岚安外11社  |             | 烟袋、魁多、子耳三垭、俄尔、小金、朵洛 | 1—10       | <5       | 140—200     |
| 项 目             |         | 农、林、牧业主要特征 |          |             |                     |            |          |             |
| 类 型             |         | 合 计<br>(个) | 玉米占作物播面% | 人平耕地<br>(亩) | 人平牲畜<br>(头)         | 水田占耕地%     | 水牛占牲畜%   | 主要经济<br>林 木 |
| I. 牧业类型         |         | 10         | 0        | <0.3        | >10                 | 0          | 0        | 无           |
| II. 牧林农类型       |         | 39         | <0.5     | 2—5         | 4—10                | 0          | 0        | 无           |
| III. 林农牧<br>类 型 | 1. 一年一熟 | 18         | 1—10     | 1—3         | 2—5                 | 0          | 0        | 苹果、梨        |
|                 | 2. 两年三熟 | 30         | 1—10     | 1—3         | 4—7                 | 0          | 0        | 核桃、苹果、漆     |
| IV. 农林牧<br>类 型  | 1. 旱作两熟 | 38         | 10—40    | 1—2         | 3—5                 | <5         | <1       | 核桃、花椒、柑桔    |
|                 | 2. 水旱两熟 | 19         | >40      | 1—2         | <2                  | >5         | >1       | 柑桔、桑、茶      |

① 为免于零碎，统计时归入Ⅱ₂；②统计时归入Ⅱ₁；③统计时归入Ⅱ₂。

同，特征各异的农业区，简述如下。

### 1. 金沙江高山峡谷农林牧区

包括甘孜州西南部金沙江干流及其主要支流定曲河、巴曲、硕依曲以及稻城河支流东义

① 十项要素为农业、牧业占总收入的百分数，牦牛、山羊占牲畜头数的百分数，复种指数、小春粮食作物、玉米占作物播面的百分数，人平均耕地、牲畜、粮食。计算过程从略

表4 甘孜州南部地区农业分区

| 项<br>目<br><br>区<br>名 | 公社<br>数(个) | 所含公社及类型                                                                                                                                                             | 农业人口<br>(人) | 耕地面积   |           | 牲畜头数   |           | 粮食产量    |           |
|----------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------|-----------|--------|-----------|---------|-----------|
|                      |            |                                                                                                                                                                     |             | 亩      | 人平<br>(亩) | 头      | 人平<br>(头) | 万斤      | 人平<br>(斤) |
| 1. 金沙江高山峡谷农、林、牧区     | 41         | 德荣县Ⅳ <sub>1</sub> (9)①,巴塘县Ⅲ <sub>1</sub> (3),Ⅲ <sub>2</sub> (6),Ⅳ <sub>1</sub> (7),乡城县Ⅲ <sub>2</sub> (4),Ⅳ <sub>1</sub> (6)稻城县Ⅲ <sub>2</sub> (2),Ⅳ <sub>1</sub> (4) | 66848       | 105901 | 1.58      | 322171 | 4.71      | 5385.80 | 807.0     |
| 2. 沙鲁里山高原山地牧、林、农区    | 39         | 巴塘县Ⅱ(7),乡城县Ⅱ(2),稻城县Ⅱ(7),理塘县Ⅰ(6),Ⅱ(13),雅江县Ⅰ(2)及西俄洛德差                                                                                                                 | 60570       | 111987 | 1.84      | 484403 | 7.97      | 3017.48 | 496.5     |
| 3. 雅砻江高山峡谷林、农、牧区     | 32         | 理塘县Ⅳ <sub>1</sub> (7),雅江县Ⅲ <sub>1</sub> (8),Ⅲ <sub>2</sub> (3),Ⅳ <sub>1</sub> (1)康定县吉居、宜代,九龙县Ⅲ <sub>1</sub> (2),Ⅲ <sub>2</sub> (5),Ⅳ <sub>1</sub> (4)               | 53401       | 107465 | 2.01      | 219647 | 4.11      | 3060.61 | 574.0     |
| 4. 大雪山高原山地牧、林、农区     | 10         | 雅江县祝桑,康定县Ⅰ(2),Ⅱ(7)                                                                                                                                                  | 27559       | 92755  | 3.37      | 207025 | 7.52      | 1330.90 | 484.0     |
| 5. 大渡河高山峡谷林、农、牧区     | 13         | 康定县Ⅲ <sub>1</sub> (3),Ⅲ <sub>2</sub> (除宜代外7社),Ⅳ <sub>1</sub> (除吉居外3社)                                                                                               | 26385       | 46540  | 1.76      | 45947  | 1.74      | 1662.00 | 630.5     |
| 6. 东南部中山深谷农、林、牧区     | 19         | 泸定县Ⅳ <sub>1</sub> (1),Ⅳ <sub>2</sub> (11)九龙县Ⅳ <sub>2</sub> (7)                                                                                                      | 70864       | 132013 | 1.86      | 130945 | 1.84      | 4845.85 | 683.5     |

① 内为公社数,名称见表3。

河、赤上河、巨龙河下游地,形为高山峡谷,河谷底部在海拔3000米以下,共41个人民公社,以农、林、牧旱作两熟类型为主。经回归分析人均粮食对人均收入有重要作用,而人均牲畜对人均收入反有不利影响。

本区发展方向应以农、林为主,多种经营。继续增产粮食,并提高林、副业在总收入中的比重。农业增产途径是加强水利建设,增施肥料,扩大杂交玉米等良种种植以提高单产。林业方面是加强长江上源水源涵养林的保护,防止森林火灾,并种植人工林、经济林木如核桃、花椒均可发展,发展苹果在巴塘城关,党村已有一定基础,关键是提高技术和搞好产、运、销。牧业方面,应稳定山羊数量,提高质量,适当增加奶牛、良种猪的饲养。

## 2. 沙鲁里山高原山地牧林农区

包括沙鲁里山丘状高原及金沙江、雅砻江诸支流上源,海拔在3000—3200米以上,共39个人民公社。区内草场辽阔,不少地方甚有潜力。局部地区有暗针叶林,在海拔3800米以下

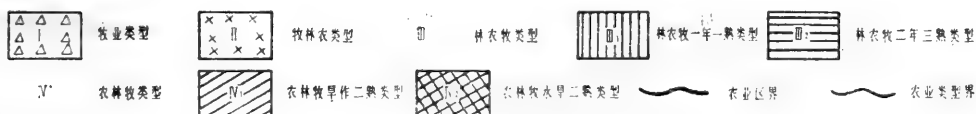
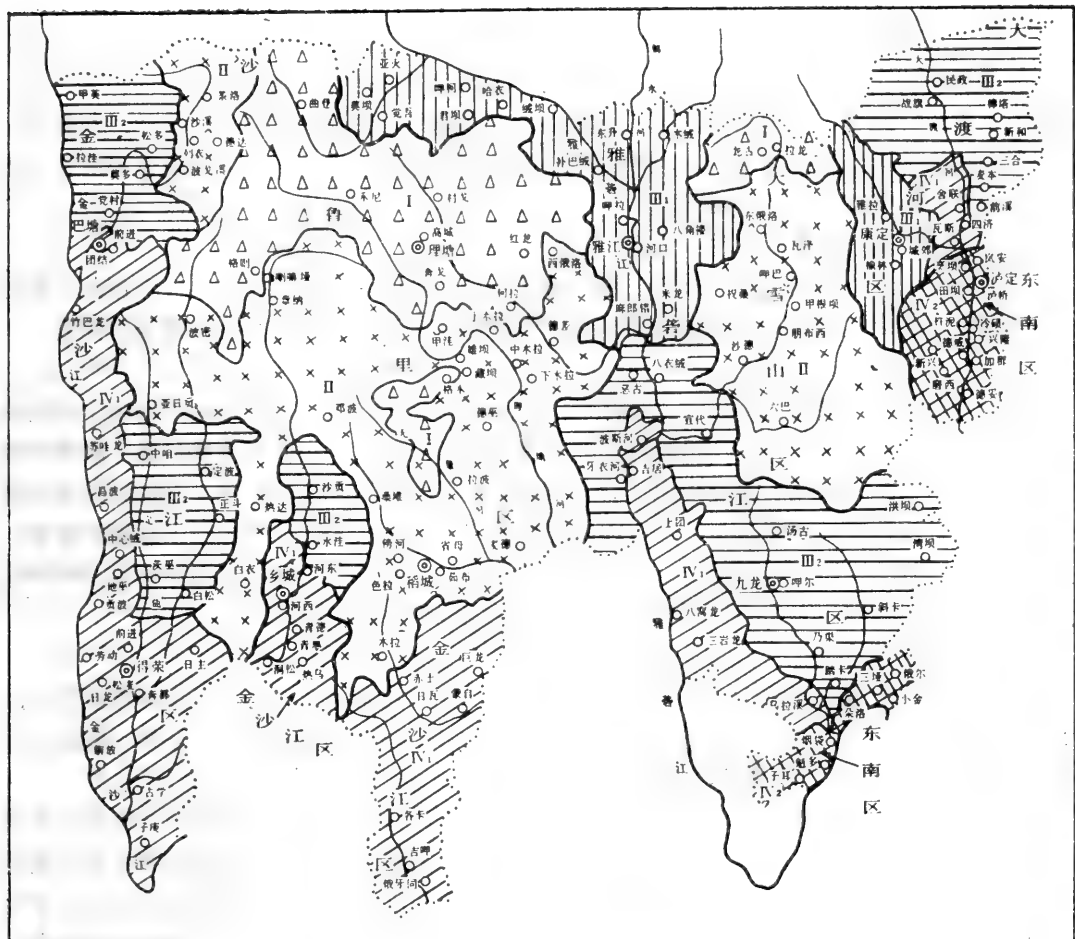


图1 甘孜州南部农业类型与农业分区

的局部河谷有春青稞和小麦分布，一年一熟。本区牧业类型所占比重大，在回归分析中，牲畜头数对人均收入有决定性影响。

本区发展方向应以牧为主，多种经营。大力加强草原建设，制定合理的放牧制度，充分利用夏秋草场分群放牧，注意疫病，兽害防治，以保证牲畜头数增长和畜产品质量提高。农业方面合理轮作换茬，选育早熟耐寒品种以防霜冻，低温危害。对分布于桑堆、木拉、邓波、德巫、西俄洛、德差、波密、热达等处部分产量低而不稳的耕地，应及早退耕还牧，为国家提供商品性畜产品而由国家解决粮食供应。

### 3. 雅砻江高山峡谷林、农、牧区

包括雅砻江干流及九龙河，踏卡河、立启河中下游，共32个人民公社。区内森林资源十分丰富，为理塘、雅江、九龙三县主要林区。耕地多分布于海拔3000米左右支流谷地及坡麓一年一熟为主，而深切割可复种的河谷耕地有限。经回归分析，粮播亩产对人均收入有重要作用，而人均牲畜有不利影响。

本区发展方向应以林为主，农、林、牧综合发展。健全护林组织，严防森林火灾，制定用材林采伐及薪柴、烧炭的管理制度，严禁乱砍滥伐及毁林开荒。充分利用坡地种植核桃、花椒、水果，提高林、副业所占比重。农业方面应因地制宜扩大复种并推广良种，加强水、肥管理和防除病虫害以提高单产。牧业方面应调整畜群结构，增加奶牛和适龄母畜所占的比重，提高牲畜出栏率以提高经济效益。

#### 4. 大雪山高原山地牧、林、农区

包括大雪山地立启河上游的10个公社，海拔在3200米以上。草场面积640万亩，森林面积91.8万亩，在海拔3400—3600米的河流阶地上有连片耕地分布，人均达3.37亩，作物一年一熟。

本区发展方向应以牧为主，农、牧并举，多种经营。搞好以亚高山草甸草场为中心的草原建设，合理分群，分区轮牧，提高牦牛在牲畜构成中比重。建立人工草场基地，改善作物秸秆加工以解决冬春补饲。建设冷库，改进畜产品加工，及时淘汰和宰杀，以保持牲畜经济性能。农业方面选育早熟耐寒品种，增施磷肥，推广农业机械和改进耕作技术以增产粮食，对产量低而不稳的耕地应予调整，改变广种薄收的低产状况。林业方面加强森林资源的管理和保护，制止公路沿线人为的资源破坏，并抓紧采伐迹地更新。

#### 5. 大渡河高山峡谷林、农、牧区

包括鱼通以上的大渡河干支流河谷，共13个公社。林地面积达144.15万亩，覆被率高，木材蓄积量约2342万立方米。草场面积约256万亩，牲畜不多。耕地甚少，多分布于海拔1500米以上的坡麓和肩坡之上，两年三熟为主。

本区发展方向应以林为主，林、农并举，多种经营。林业方面急需扭转不合理采伐造成的资源破坏，只能在成、过熟林区择伐，抓紧采伐迹地更新，以保持水源涵养和木材永续利用。农业方面深耕改土，增施磷肥，切实搞好现有耕地并提高单产，因地制宜提高复种指数。应有计划地发展外贸出口的雪山大豆和康定城郊蔬菜。牧业方面，金汤、孔玉等处尚可增加畜群，发展乳肉兼用型奶牛、生猪和提高经济性能。核桃、苹果、樱桃、花椒在区内生产已有一定基础，改进品种、搞好调运即可发展。

#### 6. 东南部中山深谷农、林、牧区

包括泸定县及九龙县南部，通过区外和石棉、冕宁连成一片，共19个公社。在海拔1500米以下大渡河谷，耕地连片。在雅砻江河谷至海拔2200米有水田分布。海拔2000米以上有针、阔叶混交林、干旱灌丛草原草场与耕地、林地交错分布，产草量低。

本区发展方向应以农为主，大力发展林、牧、副业。充分利用较充裕劳力资源，改善水肥条件，推广优良品种并克服春旱、伏旱，以稳定、提高粮食产量。选择抗旱、耐碱树种，营林、造林，并发展核桃、柑桔、苹果等经济林木。加强牲畜放牧管理，提高山羊经济性能，发展奶牛和内地良种猪，繁殖耕牛。采集当归、天麻等野生药材，同时应注意其人工培植。

### 参 考 文 献

- (1) 中国科学院成都地理研究所，1981，四川农业地理，四川人民出版社。
- (2) 程 鸿等，1966，川西滇北地区农业地理，科学出版社。
- (3) 孙尚志，1983，藏东横断山区农业区划的初步研究，农业布局与农业区划论文集，科学出版社。

# THE AGRICULTURE TYPES AND REGIONALIZATION OF SOUTHERN GANZI AUTONOMOUS PREFECTURE

Sun ShangZhi

Commission for Intergrated Survey of Natural Resources,

Academia Sinica

## Abstract

Based on the studies of the characteristics of physical condition and regional differentiations, agricultural production features and regional differentiation in 9 counties (Luding, Kangding, Jiulong, Yajiang, Litang, Batang, Xiangcheng, Daocheng—Dabba—, Derong) of southern Ganzi Autonomous Prefecture, clustering analysis was made by adopting 7 indices, such as the ratio of the animal husbandry to the total agricultural income and the ratio of yak to the total head of the livestock etc. and the results were regulated according to geomorphology, forest land and paddy fields. The following agriculture types were distinguished:

I. Animal husbandry type.

II. Animal husbandry, agricultural and forest type.

III<sub>1</sub>. Forest, agricultural (one crop per year) and animal husbandry type.

III<sub>2</sub>. Forest, agricultural (three crops in two years) and animal husbandry type.

IV<sub>1</sub>. Agricultural (two crops of dry farming per year), forest and animal husbandry type.

IV<sub>2</sub>. Agricultural (one crop of dry farming and one paddy rice per year).

According to geomorphology and its main types, regressive analysis was made on the combinations of agricultural types and distribution and 6 agricultural regions with different orientations and characteristics were distinguished:

1. Agricultural, forest and animal husbandry region of high mountain and gorge of Jinsha river.

2. Animal husbandry, forest and agricultural region of Shluli mountain plateau and upland.

3. Forest agricultural and animal husbandry region of high mountain and gorge of Yalong river.

4. Animal husbandry, agricultural and forest region of plateau and upland of Daxue mountain.

5. Forest, agricultural and animal husbandry region of high mountain and gorge of Dadu river.

6. Agricultural, forest and animal husbandry region of south-eastern Ganzi autonomous prefecture.

# 47. 甘孜南部山地农业垂直分带与布局问题<sup>①</sup>

朱 国 金

(中国科学院成都地理研究所)

本文讨论范围,指的是甘孜藏族自治州南部泸定、康定、雅江、九龙、稻城、乡城、得荣、巴塘、理塘九县,土地总面积6.3万平方公里,人口36.2万,地广人稀,是四川重要林、牧业基地之一。

## 一、农业垂直地带形成条件分析

甘孜南部地区属青藏高原东缘部分,是高原与四川盆地之间的过渡地带。地势由北向南、自西往东急剧递降,形成从西北向东南总的地形倾斜面。有些地区呈波折急降。主要山脉沙鲁里山、大雪山,夹峙着金沙江、雅砻江、大渡河,纵贯南北,构成横断山区的一部分。气候上,处在东南季风与西南季风交汇处,而高原本身又自成气候系统。在同一海拔高度上,尚因山地坡向、坡度和谷地宽窄不同,自然景观千差万别。但在复杂的山地环境中,自然诸要素变化仍有规律可循。

本区兼有从丘原(高原主体部分)至峡谷的多种山地地貌类型,其间高差可达3500—4000米。河流切割较深,一般从谷缘至谷底相差1500—2000米,其中大雪山主峰贡嘎山与大渡河谷底部高差达6000米以上。即便在浅切割的丘状高原,谷底与丘顶高差也常达200—400米,乃山地中一特殊形态。境内不仅山地的绝对海拔高,而且相对高度也大。随着海拔高度上

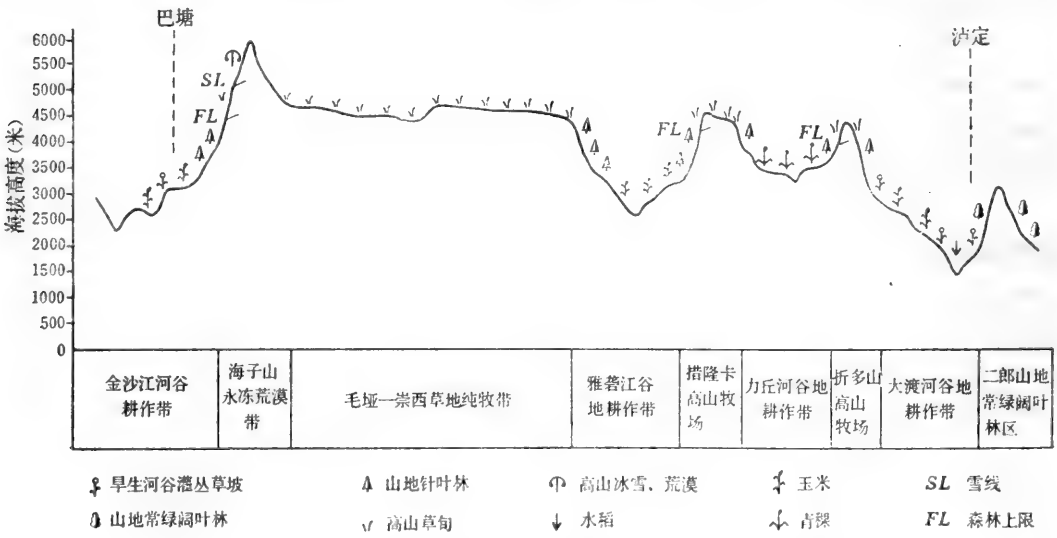


图1 泸定至巴塘地形变化与农业垂直分布关系横切面图

① 本文承程鸿先生审阅,并提出宝贵意见,特致谢意

升, 水热条件差异引起土壤、植被等生物要素的垂直分布, 并导致相应的农业垂直变化。在山地条件下, 热量的差异又是气候垂直差异的核心, 它对农业垂直分异的影响极为深刻而广泛。各种作物分布高度及其组合、熟制与轮作倒茬, 森林分布与林分组成, 牲畜分布与畜种结构等, 均随着热量变化而变化。因此, 热量是引起农业垂直变化的主要气候因素, 地形起伏是导致农业垂直分异的自然基础。

从纬度位置上看, 本区应属亚热带范围, 因地表高差悬殊, 致使亚热带纬度地带性受到破坏, 农业地域分异除了受纬度地带性规律制约外, 主要表现在垂直地带性上。如从泸定至巴塘作一地形横切剖面(图1), 便可看出: 随着地势由东往西抬升和河流往东下切加剧, 从东往西地形起伏及同一河谷谷底至山顶形成农、林、牧业垂直地带; 地表高差愈大, 垂直带谱内容愈丰富。

此外, 本区是藏族聚居地区, 高原传统以放牧和以青稞为主的农牧地带的出现, 除受自然规律制约外, 与民族简朴的生活习惯和特殊的生产方式有一定的联系。

## 二、农业垂直分带与分带概述

在条件分析基础上, 主要考虑下列分带依据: ①土地利用方向与农业经营方式类似性。从生物特性出发, 作物、林木与牲畜对热量要求不同, 而各地热量存在差别, 以致土地利用方式不同。垦殖指数是表现土地利用方式的重要标志。随着地势的起伏, 垦殖指数不同, 农业经营方式大不一样。如从泸定垦殖指数3.17%降至理塘0.3%, 前者山地坡度虽对垦殖带来不利影响, 但热量高, 适宜谷物发展; 后者虽有大片高山草甸草场, 却因气温低, 仅能用作牧场, 耕地极少。据此可划分出以耕作业为主至纯牧业的农业地带; ②农业部门结构的类似性。因热量条件不同, 各地农业部门及其内部结构不一致, 它主要表现在作物品种、畜种及林种在各地总播面、牲畜总数及林分组成上比重大小的差别, 以此作为分带主要依据; ③复种轮作制的相似性。根据各地复种指数高低划分熟制带。在同一熟制带中, 有大致相同的复种轮作形式。

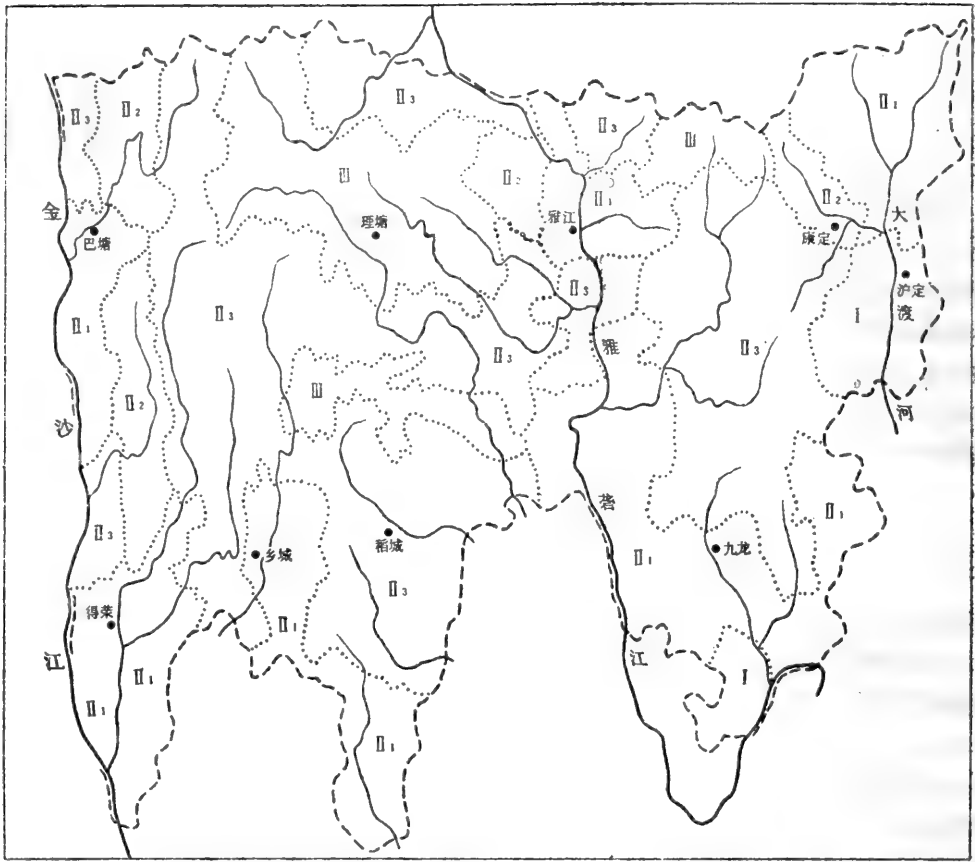
按照上述依据, 把全区154个公社划分为以下农业垂直地带系统(图2), 并将分带的特征概述如下:

### I. 东南部山地峡谷亚热带以耕作业为主地带

该带包括12个公社, 位于大渡河干流烹坝以下及雅砻江支流——九龙江下游流域, 谷地海拔高约900—2200米, 为全区河流下切最深区域。年均温 $15^{\circ}\text{C}$ , 最热月均温 $20^{\circ}\text{C}$ ,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $4500^{\circ}\text{C}$ 以上, 但年降水量644毫米, 属半湿润亚热带气候类型。

该带属四川盆地西部边缘山地深切峡谷, 谷地海拔低, 加上焚风热力效应, 热量条件最优, 成为山地中农业精华所在。在农作物总播面中, 不仅玉米比重高达48.7%<sup>①</sup>, 而且水稻、红苕(甘薯)、大豆和高粱等作物也分别占7.3%、10.7%、0.8%和0.5%, 为全区玉米比重最高和唯一的水稻适宜分布区, 作物品种最多。复种指数达156%, 是区内仅有的稻麦两熟作物带。小春作物占有一定比例, 其中小麦占总播面13.8%, 且多为冬小麦品种。畜群结构上, 大、小畜比35:65, 小畜居多。其中生猪、山羊分别占总畜47.7%、16%。大畜中黄牛、水牛和牦牛分别占31%、3.5%和0.3%, 是全区黄牛比重最高的和唯一的水牛分布区。

① 本文农业数据, 来源于“1981年基层农业统计年报”计算所得, 其中牲畜头数为折合标准羊单位



I 东南部山地峡谷亚热带以耕作业为主地带  
 II 中部山原林农牧交错地带  
 III 南部山地峡谷暖温带以玉米—黄牛为主耕作业  
 亚带

II<sub>2</sub> 山地温带以青稞—牦牛为主半农半牧亚带  
 II<sub>3</sub> 山地凉温带以牦牛—青稞为主半牧半农亚带  
 III 西北部亚寒带丘原纯牧地带

图2 甘孜南部山地农业垂直地带分布图

同时，在牛合计数中役畜占43%，比重高于其它地带。可见，牧业主要为耕作业提供有机肥源和役畜，且以小畜居多、舍饲为主，具有农区牧业特色。林分上，原有天然林以樟科、槭类、山毛榉等亚热带常绿阔叶林为主，大部因人为活动破坏，沦为以仙人掌、狼牙刺、羊蹄甲、合欢等组成的旱生河谷灌丛草坡。经济林以核桃、板栗、花椒、柑桔等居多。

从农业特征看出，该带以喜暖热作物品种、畜种和树种为主，与四川盆地地区耕作业有相似之处。当前主要从事种植业经营，其产值占农业总产值80%以上，而牧业仅占6%左右，林业比重更低。今后，除了积极发展粮食生产外，必须对林、牧业生产予以足够重视，并把重点放在林业生产上，把宜林荒山草坡绿化起来。

## II. 中部山原温带林、农、牧交错地带

该带有126个公社，介于峡谷与丘原之间，谷地海拔2200—3900米。年均温15℃以下，最热月均温10°—20℃，≥10℃积温400—4500℃，年降水量600—900毫米，属温凉湿润气候。随着地势上升，气温下降，雨量相应增加，河流切割较浅，谷地较宽，草场连片，林、牧业地位上升而耕作业地位相对下降。特别是降水增加有利林木生长。林地在土地总面积中占优势，是一个以林为主、林农牧交错分布地带。但因境内地域辽阔，自然环境复杂，农业



地域差异大，进而划分出以下亚带。

### Ⅱ<sub>1</sub>. 南部峡谷暖温带以玉米—黄牛为主耕作业亚带

该带有56个公社，大部位于得荣、乡城、稻城和雅江、巴塘金沙江河谷及康定大渡河河谷，属深切切割山原，河流下切仍然较深。谷地海拔2200—2800米，约高出Ⅰ带600米。年均温10—14℃，最热月均温18—22℃， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温3500—4500℃，年降水量400—600毫米，水热条件有利作物生长，谷物生产仍占有重要地位。其中西南部得荣和乡城一部分，年均温达14.4℃，但年降水仅300毫米以下，气温虽较高而水分不足，是四川的干旱中心。

随着热量条件的变化，喜暖的玉米占总播面36.9%，比重较Ⅰ带下降；而耐寒的青稞比重上升，约占总播面12.8%。同时，春播作物比重增加。以得荣、乡城、稻城三县为例，春麦比重占小麦播面21.6%。熟制上，以三年两熟为主，即夏玉米连作秋玉米或麦类复种荞麦等短期秋季作物。在牲畜总数中，大小畜比69.6:31.1，以大畜居多、放牧为主，与Ⅰ带明显不同。树种组合上，天然林除槭、桦类外，铁杉、云南松、高山松等针叶林分增加，为一针、阔混交林带。因人为活动破坏，天然林仅残存在山地上部；下部为以狼牙刺、锦鸡儿、对节木等组成的旱生河谷灌丛草坡。村舍附近以苹果、梨、桃、李等温带果木居多。

从上述分析看出，该带是高原向其边缘山地峡谷过渡的农、牧结合地带。农、牧业上虽以玉米和黄牛等作物、畜种比重占第一位，但耐寒的青稞和牦牛占作物与畜种比重大幅度上升。树种上，耐寒的针叶林分增加，具有高寒山地农业的一些特征。耕作业中，因降水不足，冬春干旱突出，给种植业发展带来一些影响。但只要解决好水源问题，发展谷物生产是有潜力的。

### Ⅱ<sub>2</sub>. 山地温带以青稞—牦牛为主半农半牧亚带

该亚带有12个公社，与下面的Ⅱ<sub>3</sub>亚带同属浅切割山原地貌类型。谷地海拔2800—3200米，约高出Ⅱ<sub>1</sub>亚带400米。年均温8—10℃，最热月均温15—18℃， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温1800—3500℃，年降水700—800毫米，属半湿润或湿润温带气候。

随着地势进一步抬升，玉米占总播面6.6%，比重大幅度下降。相反，耐寒的青稞占27.6%，比重上升。作物品种趋于单一。熟制上，以春麦一熟为主。在总畜中，牦牛占45.3%，比重高于黄牛的27.5%，成为最主要的畜种。林种上，以云杉、冷杉等组成的暗针叶林为主。林地 in 土地总面积中占优势，与Ⅱ<sub>3</sub>亚带同为区内主要用材林区。

该带具有高原农牧业一般特点。由于热量条件可满足青稞等耐寒作物稳定成熟，当前主要从事谷物业生产，故为半农半牧地带。但因林地面积大，该带及下面的Ⅱ<sub>3</sub>亚带，保护好现存天然林显得十分重要。

### Ⅱ<sub>3</sub>. 山地凉温带以牦牛—青稞为主半牧半农亚带

该带有58个公社，分布于康定西部、理塘南部、乡城西部和稻城北部等地。谷地海拔3200—3900米，约高出Ⅱ<sub>2</sub>亚带700米左右。年均温4—8℃，最热月均温11—15℃， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温400—1800℃，年降雨量达800—900毫米，属湿润的凉温带气候。

大部地区接近作物分布上限，海拔高、气温低，即便耐寒作物成熟也受到较大影响。耕地多集中在海拔3700米以下河谷或3900米以下宽谷丘岗阳坡。作物中，青稞约占总播面58.4%，作物品种单一，可谓春麦一熟作物带。但境内宽谷连片、谷缘以上林间草甸草场多，发展牧业有较大的空间。从畜群结构上，牦牛占总牲畜的67.1%，居绝对的优势。林种组合上，属冷杉、云杉纯林（阳坡多高山栎）。

从气候上看，该带一般不宜耕作业发展，唯在海拔较低的河谷种植业有一定的发展条

件。但境内草场资源丰富，且有一定数量的耕地，通过农、牧结合，牧业发展潜力大，它是农业经营主要方向。

### Ⅲ. 西北部亚寒带丘原纯牧地带

该带有13个公社，分布于理塘毛垭坝、海子山和雅江崇西草地及康定塔公坝等地，以高原宽谷为主。谷地海拔3900—4800米，约高出Ⅱ<sub>3</sub>亚带800余米，为全区最高区域。年均温 $<4^{\circ}\text{C}$ ，最热月均温 $10-11^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $400^{\circ}\text{C}$ 以下，年降水600—800毫米，属半湿润亚寒带气候类型。

境内地形起伏小，谷地宽坦，但热量不足，大部地区超出作物、林木上限。少量耕地限于在海拔3900米以下的宽谷丘岗阳坡，其余地区几无耕地可言。同时，少许的耕地因冬闲地、轮歇地比重大，复种指数仅达47.7%，土地利用率低。青稞比重占总播面74.7%，余为元根、豌豆、马铃薯等，因低温、早霜危害严重，产量低而不稳定。除少量用作牧民口粮外，主要为牲畜提供青、精饲料或用作绿肥，是附属于牧业的农业部门。虽然，热量不足也对牧草生长带来不利影响，以致生长期短、植株低矮、产草量低和季节供应不平衡，但较耕作业受的影响小得多。特别是天然草场辽阔，主要牧草如蒿草、羊茅、披针草、火绒草、圆穗蓼、萎陵菜等嗜口性好，故仍具有一定载畜能力。目前，当地主要从事牧业生产。牧业在农业总收入中约占60%以上，是农业中的主导部门。在总畜中，大、小畜比为9:1。其中牦牛、绵羊分别占总畜82.7%、8%，居各带之冠，表现出以牦牛放牧为主的高原牧业经营特点。

此外，该带及其余地带海拔5000米以上的极高山地，面积约占土地总面积20—25%，冬季积雪、夏季岩石裸露（流石滩），牧草生长困难，连牲畜也失去生存条件，从而超越了农业分布上限，属永冻荒漠带，非本文讨论范围。

## 三、山地农业布局问题初步探讨

在对农业垂直分异条件、分带特征的分析基础上，就当前全区农业布局中的某些方面，提出下列的问题和建议供讨论。

### （一）发挥山地草场优势，合理调整牧业生产布局的初步意见

全区天然草场占土地总面积的61—67%，占可利用土地面积的75—81%，是农业资源中的一大优势。长期以来，藏族人民在利用草场放牧中积累了丰富的经验，取得较好的经济效益。据理塘调查，牧业投资收入约高出农业投资收入的4倍。目前放牧范围从海拔2200—4800米，牧业发展有广阔的空间。历年来为国家提供大量的畜产品，是区内主要商品生产地。因此，充分发挥山地草场优势，合理布局和调整好牧业生产，是搞好农业布局中的中心环节。

主要牧区位于Ⅲ、Ⅱ<sub>3</sub>等海拔较高地带，以天然草场放牧为主，受自然条件制约，冬春枯草季节得不到补饲，牲畜抗灾力弱，普遍存在“夏饱、秋肥、冬瘦、春死亡”现象。如理塘在冬、春牲畜死亡占全年死亡的80%，商品率也只有2—3%，严重阻碍牲畜发展。控制牲畜死亡率，解决畜、草矛盾是关键。为此，必须改变传统掠夺性的牧业经营方式，在草场利用过程中加以保护和建设。

从草场合理利用上，必须充分利用高山、边远和小块草场，扩大冬、春草场面积并减少其使用时间，培育割草基地，修棚搭圈，减少冬、春牲畜死亡。在草场建设上，主要侧重解决干

旱板结草场,改良灌丛草地,驯化推广当地禾本科、豆科优良牧草,逐步达到扩大可利用草场面积、提高产草量和牧草质量。如理塘县只要对草场稍加改良和进行合理的轮牧,草场载畜量可提高15%以上。雅江崇西草场退化面积占草地总面积1/3,如改良其中40%,便可提高利用率约10%左右,增加放养牲畜近2万头,说明适当增加放养头数是可能的。当然,牧业发展还需要解决好畜产品冷冻贮藏与加工运输问题。随着这一问题的解决,可以淘汰老弱病残畜,把畜群结构调整好,并把宰杀期提前到膘情最佳的秋季,加速商品畜产品的周转,促进牧业生产的进一步发展。

据考察,牧业发展潜力最大的地区是Ⅱ<sub>3</sub>亚带。目前,该带主要侧重于种植业,牧业产值仅占农业总产值15%左右。历史上,牧业占重要地位,耕地中除部分生产谷物外,豆科牧草和多汁饲料地占较大比例。但随着人口增长、牲畜增加,居民口粮和饲料粮相应增加,草地中垦荒种粮面积扩大,传统的草田轮作制遭到破坏,不仅牧业发展受影响,而且谷物因低温、早霜危害不能稳收。因此,与其发展谷物生产,不如发展牧业经济效果好。在牧业中,充分合理利用草场资源及农收结合有利条件,发展牧业潜力较Ⅲ地带大。如1980年理塘的德巫公社当巴、白中生产队,在稳定1979年粮食生产水平后改为纯牧队。通过布局调整,牧业发展效果显著。从理塘甲洼调查也表明,该地高山草甸草场面积大,且有农田40%杆草补饲,增加牲畜放养头数是有潜力的。因此,建议把该带粮食生产条件稍好的地区,实行以牧为主、农牧结合;粮食不能稳收地区改为纯牧业经营,通过布局调查以利于山地农业资源优势发挥。

## (二) 森林资源保护、封山育林及其在山地农业布局中的重要地位

林地占土地总面积12.9%,也是农业资源优势之一。但林区集中Ⅱ<sub>2</sub>、Ⅱ<sub>3</sub>亚带,即山原中上部高中山地带。因位于各大江河支流源头沟口,上部是高山草甸带,山高坡陡,林木立地条件差,生产周期长达80—100年,林木一旦破坏难以恢复,草甸势必发展。森林本身的存在是无价之宝。其作用不仅在于提供用材,更主要的在于它的综合效益。它不但是山地农业生态环境之主体,而且是长江中下游平原耕作区天然的绿色屏障。而且,森林副产品及林下动、植物又是发展副业生产的重要基地。因此,必须把现存的天然林地列为水源涵养林与防护林重点加以保护。保护森林在区内外均具有特殊的意义。至于全川用材林基地,应逐步有计划有步骤从甘孜等地转向四川盆地边缘山区。

根据林区自然特点和特殊地位,首先是有效地控制采伐量,使之逐年降低直至低于生长量,森林才能得以保护与恢复。同时,采取合理采伐(择伐)方式,开展木材综合利用,减少资源的浪费。值得强调指出,计划外用材包括烧柴、民用材消耗的资源也十分可观,要防止乱砍滥伐现象。林区冬、春干旱季节森林火灾频繁,这是引起成片森林付之毁灭的自然灾害。因“林火”损失的资源大大超过计划内采伐量。因此,采取有效的途径减少“林火”发生显得十分必要。此外,森林保护要与其它资源利用结合。其中山地水力资源丰富,利用河流落差发展水电,不仅为发展提灌和林畜产品加工等提供动力,推动山区经济发展,并可以电代柴,起到“一具电炉,半壁山”保护森林资源的作用。

值得指出,Ⅰ、Ⅱ<sub>1</sub>地带地处大江河两岸,谷坡陡峻,森林多被破坏沦为旱生灌丛草坡,林业问题很突出。目前,在荒山草坡的利用问题上,不同部门持不同看法。从其性质而言,是属森林破坏后长期得不到恢复的结果,森林生态系统逆向变化一个不稳定阶段。除了得荣等地特别干旱的河谷需要寻求解决植树造林有效途径外,大部地区通过长期封山育林,是能够恢复森林的。为了充分合理利用好这一资源,有必要在资源调查基础上,进行分级划类,作

出评价和全面规划,确定不同类型草山草坡的利用方向。总的说,这部分山地坡陡、土薄、石砾多,大部应划为封育区。但在坡度较平缓的局部地段,在其恢复森林过程中,采取分区轮牧以发展山羊为主的小畜,只要利用得当,可以取得更好的经济效果。

此外,在近山及农舍周围发展亚热带花椒、核桃(I带)和温带苹果(Ⅱ<sub>1</sub>亚带)等经济林木,也可达到保护水土、增加农区收入和促进耕作业发展目的。如巴塘等地冷凉型苹果在内地享有一定盛誉,加上较内地晚熟两个月左右,只要解决好运输问题,可扩大再生产。

### (三) 粮食生产在山地开发中的积极作用

粮食是农业的基础,也是进行林、牧业布局的重要前提。但因热量条件所限,境内大部地区粮食生产条件差,垦殖率仅0.65%,且因产量低而不稳,粮食不能自给仍须区外输入。在地广人稀、交通不便的山区,主要靠人背马驮,给粮食输入带来一定困难。因此,在大力发展山地多种经营,重点发展林、牧生产的同时,在气候适宜地区不放松粮食生产。山地气温虽低,但日照、太阳辐射能丰富,加上高原夏季热力增温作用,在一定程度上弥补低温的弊病,使得农业上限往高海拔推进,在局部河谷发展谷物、争取粮食自给是可能的。其中热量较高的I、Ⅱ<sub>1</sub>带峡谷区,只要解决好水源问题,发展耕作业仍有一定潜力。这一地区争取粮食自给略有盈余,供区内调节是可能的,这对山地农业发展具有特殊意义。至于全区粮食消费不足部分,可通过林、牧产品尤其畜产品交换加以解决,这是农业地域分工与协作的必然趋向。

总之,因地制宜,合理布局,便可取得较好的经济效益,加快山区农业现代化步伐!

## THE VERTICAL ZONES AND THE ALLOCATION OF AGRICULTURE IN THE MOUNTAINS OF SOUTH GANZI

Zhu Guojin

Chengdu Institute of Geography, Academia Sinica

Abstract

This region lies at the east edge of the Qinghai-Xizang Plateau. The relative altitude of the mountains are great with marked vertical difference of agriculture from the valley to the top of mountain. The region may be divided into these zones; I. The southeastern subtropical mountain-valley zone with the stress chiefly on cultivation; II. The middle temperate piedmont-plain and broad valley zone with interlocking stock-raising and cultivation; II<sub>1</sub>. The south warm temperate mountain-narrow valley subzone with the stress on cultivation; II<sub>2</sub>. The temperate mountain half cultivation and half stock-raising subzone with the stress on highland barley and yak; II<sub>3</sub>. The mountain cool temperate half cultivation and half stockraising subzone with the stress on highland barley and yak; III. The subcool even plateau stock-raising zone.

In this region, the predominance of the resource of the mountains sho-

uld be developed and the forestry and the stock-raising should be allocated. At present, animal husbandry should be developed in the pastral areas. Attention should be focused on the protection and construction of the pasture while developing the living stock, so as to raise the capacity of herbage for animals. In the II<sub>3</sub> zone, the production of the crops are unstable, the resource of the herbage is rich, and the potentiality of raising living stock great; therefore, it is desirable to transfer the stress from agriculture to stock-raising. The forest areas are distributed at the source of the branches of the Yangtze river, and above the forest is the alpine meadow zone. The forest not only provides the resource of timber, but is also the green natural barrier for the plains of the middle and lower Yangtze river. The forest should be well protected because it conserves the sources of water of the branches of the upper Yangtze river. The forest distributed in the mountain-narrow valley is destroyed, resulting in dry bush-meadow. It is necessary to close hillside to facilitate afforestation. In addition, it is also necessary to pay attention to the production of grain in the areas where the climate is suitable. In order to supply the other zones of this region with grain, I and II zones should produce enough grain for the purpose while closing hillsides to facilitate afforestations.

## 48. 贡嘎山地区气候条件的农业评价与利用

张先发 钟祥浩

(中国科学院成都地理研究所)

本文是在1979年至1981年野外实地考察和半定位气象观测资料整理分析基础上写成的。

讨论地域的范围大致为北纬 $29^{\circ}20'$ — $30^{\circ}06'$ 和东经 $101^{\circ}30'$ — $102^{\circ}15'$ 之间,面积约5500平方公里。

气候是自然资源的重要组成部分,亦是农业生产的客观基础。它的好坏与差异,不仅为农业各部门的发展提供不同的可能性,而且直接关系到农业的经济效益。实践证明,人们对它认识得越清楚,就利用得越充分、越合理,经济效益就越高。反之,则事倍功半,甚至事与愿违。

在山区要发挥自然优势,使林、农、牧、副业有较大的发展,以获得良好的经济效益。

### 一、热水条件评价

本区热水条件具有明显的区域差异性,垂直变化显著,区内气候复杂多样。从而决定了本区农业的改造利用及发展方向的特殊性。就气候条件而言,区内发展农业具有四个有利的条件:

#### (一) 雨热同季

雨季5—10月,尤以6—8月特别集中降落,夏半年占年降水总量的90%左右;此时正值高温季节。其间农作物亦正处生长发育旺盛时期,各种作物和植物所需水分基本是满足的。对一年一熟或两熟的旱作制特别有利。

#### (二) 气候垂直变化显著

本区山高谷深,气候垂直变化显著。东西坡从河谷到山顶的气候垂直带具有从亚热带到高山寒带的特征,现以九龙河谷为例。

由于气候的多样性,为农业生产发展提供了极为有利的条件。

#### (三) 日照长、光能资源丰富

本区年日照时数一般可达1500—2500小时,且大部分地区海拔高,空气尘埃少,空气透明度大,太阳辐射能十分丰富,年平均可达120千卡/厘米<sup>2</sup>,高者可达150千卡/厘米<sup>2</sup>。

从表3中得知,本区年总辐射量介于120—147千卡/厘米<sup>2</sup>,与高原上的“小太阳城”甘孜县相差无几。且年内分配冬半年为40—70千卡/厘米<sup>2</sup>,占年总辐射量的45—48%;夏半年为48—76千卡/厘米<sup>2</sup>,占年总辐射量的52—55%。太阳辐射是地球上最主要的能量来源。它是一个最基本的气候因子,也是植物进行光合作用的能量源泉。农作物及其它植物中的干物质有90—95%都是利用太阳辐射的光能,通过光合作用,将所吸收的CO<sub>2</sub>和水合成的有机物质。因此,丰富的光能资源对于气温低能起到一定的弥补作用,对作物的生长发育极为有利。它是本区内蕴藏着发展农业生产的一大潜力。

表 1 贡嘎山地区热水分配

| 站名  | 纬 度    | 海 拔<br>(米) | 平 均 气 温 (0℃) |        |        |        |        |                | 降 水 (毫米)      |        |           | 资 料<br>年 代 |           |    |       |
|-----|--------|------------|--------------|--------|--------|--------|--------|----------------|---------------|--------|-----------|------------|-----------|----|-------|
|     |        |            | 全<br>年       | 一<br>月 | 四<br>月 | 七<br>月 | 十<br>月 | 冬半年<br>(11—4月) | 夏半年<br>(5—10) | 全<br>年 | 冬 半 年     |            |           |    |       |
|     |        |            |              |        |        |        |        |                |               |        | 11—4<br>% |            | 5—10<br>% |    |       |
| 九 龙 | 28°59′ | 2987       | 8.8          | 0.7    | 9.7    | 15.1   | 9.6    | 4.3            | 13.3          | 888.5  | 69.3      | 8          | 819.2     | 92 | 54—81 |
| 新都桥 | 30°09′ | 3460       | 5.2          | -3.6   | 5.9    | 12.7   | 5.9    | 0.3            | 10.2          | 92.27  | 87.5      | 9          | 835.2     | 91 | 56—81 |
| 康 定 | 30°05′ | 2610       | 7.1          | -2.5   | 8.1    | 15.7   | 7.5    | 1.9            | 12.3          | 803.8  | 118.4     | 15         | 685.4     | 85 | 51—81 |
| 泸 定 | 29°53′ | 1320       | 15.4         | -6.2   | 16.9   | 22.8   | 16.4   | 10.7           | 20.4          | 638.8  | 62.3      | 10         | 576.5     | 90 | 60—81 |
| 磨 西 | 29°39′ | 1690       | 12.7         | 3.5    | 14.1   | 20.6   | 13.6   | 7.6            | 17.7          | 1062.4 | 135.1     | 13         | 927.3     | 87 | 78—81 |
| 沙 德 | 29°37′ | 3120       | 2.4          | -7.1   | 1.9    | 12.5   | 2.2    | -3.8           | 8.5           | 751.7  | 56.5      | 8          | 695.3     | 92 | 78—80 |
| 鸡 丑 | 29°16′ | 4200       | 1.6          | -10.0  | -1.5   | 8.1    | -0.8   | -5.7           | 5.1           | 807.0  | 70.7      | 9          | 736.3     | 91 | 79—81 |
| 日鲁库 | 29°12′ | 3600       | 2.2          | -7.2   | -1.0   | 14.4   | 2.0    | -3.6           | 7.1           | 879.0  | 57.8      | 7          | 821.2     | 93 | 79—81 |
| 汤 古 | 29°08′ | 3200       | 4.1          | -4.6   | 4.1    | 11.3   | 3.0    | -0.7           | 8.7           | 819.7  | 30.5      | 4          | 789.2     | 96 | 79—81 |
| 乃 渠 | 28°44′ | 2300       | 12.9         | 5.0    | 15.0   | 20.0   | 11.6   | 8.9            | 16.6          | 753.5  | 48.2      | 6          | 705.3     | 96 | 79—81 |
| 乌拉溪 | 28°38′ | 2000       | 15.9         | 8.7    | 17.8   | 22.9   | 15.1   | 12.4           | 19.8          | 800.0  | 48.0      | 6          | 752.0     | 94 | 79—81 |
| 洪木林 | 28°30′ | 1800       | 17.8         | 10.5   | 19.8   | 24.1   | 15.8   | 14.5           | 20.1          | 908.0  | 48.3      | 5          | 860.0     | 95 | 79—81 |

表2 九龙河谷气候垂直分带

| 项目<br>垂直带 | 海拔<br>(米)     | 一月平均<br>气温<br>(℃) | 7月平均<br>气温<br>(℃) | 年平均<br>气温<br>(℃) | ≥10℃的<br>活动积温 | 植 被             | 经济<br>果木       | 主 要<br>作 物   | 熟<br>制   |
|-----------|---------------|-------------------|-------------------|------------------|---------------|-----------------|----------------|--------------|----------|
| 河谷亚热带     | <2300         | >5.1              | 25.0—20.0         | 18.0—16.0        | 6000—5000     | 常绿阔叶林<br>及落叶阔叶林 | 柑桔、水稻、小<br>油桐等 | 麦、玉米         | 二至三<br>熟 |
| 山地暖温带     | 2300—<br>2800 | 5.1—1.0           | 20.0—14.0         | 16.0—13.0        | 5000—3000     | 针阔混交林           | 核桃、<br>花椒等     | 玉米、小<br>麦、洋芋 | 二熟       |
| 山地温带      | 2800—<br>3200 | 1.0—<br>-4.0      | 14.0—11.0         | 13.0—9.0         | 3000—2000     | 明亮针叶林           | 花椒、<br>苹果等     | 洋芋、青<br>稞、小麦 | 一熟       |
| 山地寒温带     | 3200—<br>4300 | -4.0—<br>-10.0    | 11.0—9.0          | 9.0—4.0          | 2000—500      | 暗针叶林            |                | 洋芋、<br>青稞    | 一熟       |
| 亚高山亚寒带    | 4300—<br>4700 | <-10.0            | 9.0—5.0           | 4.0—2.0          | <500          | 灌丛草甸            |                |              |          |
| 高山寒带      | >4700         |                   | <5.0              | 2.0—0.0          |               | 流石滩             |                |              |          |

由表4可见,本区年光合潜力介于1.5—1.8万斤/亩。本区高产作物可提供含水分15%的净光合产物。年总产量一般为15000斤/亩,折合谷物约6000斤/亩,但由于其它条件跟不上,目前年粮食产量仅200—400斤/亩,即年光合潜力利用率仅达1—3%。洋芋等块根作物亩产可达2000—4000斤/亩,其光合潜力利用率方达32%。因此,即使在目前水、肥等其它生产条件相同前提下,只要光合潜力利用率普遍达到3%,粮食大面积产量有可能平均达到500斤/亩。

#### (四) 热量条件区域差异性和垂直变化显著

某一地区的热量状况,通常是用各种温度指标来表示和描述的。热量是一种极其重要而且非常复杂的自然资源,它对于自然综合体中的一切过程都有着不同程度的影响,特别是对农业生产更有着直接的影响。根据一个地区的热量条件,就能科学地评价自然生产力的

表3 贡嘎山地区太阳辐射(单位:千卡/cm<sup>2</sup>)

| 月<br>站名 | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 全年    | 11—4月 |    | 5—10月 |    |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|----|-------|----|
|         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       | 占年(%) |    | 占年(%) |    |
| 九 龙     | 8.4  | 8.8  | 11.6 | 12.8 | 12.7 | 10.8 | 11.0 | 11.0 | 9.2  | 9.3  | 8.6  | 8.0  | 122.2 | 58.2  | 48 | 64.0  | 52 |
| 新都桥     | 10.6 | 10.4 | 13.7 | 14.4 | 15.0 | 12.3 | 13.6 | 12.5 | 11.4 | 11.6 | 10.8 | 10.3 | 146.7 | 70.2  | 48 | 76.4  | 52 |
| 康 定     | 8.9  | 6.8  | 9.8  | 11.8 | 12.0 | 10.3 | 11.6 | 11.0 | 9.3  | 8.1  | 7.1  | 7.0  | 113.7 | 51.4  | 45 | 62.3  | 55 |
| 泸 定     | 5.7  | 5.8  | 8.2  | 9.2  | 9.0  | 7.6  | 9.1  | 8.7  | 7.2  | 6.4  | 5.3  | 5.3  | 87.5  | 39.5  | 45 | 48.0  | 55 |
| 甘 孜     | 9.4  | 9.5  | 13.3 | 14.6 | 16.3 | 14.5 | 15.1 | 14.7 | 13.3 | 12.2 | 10.4 | 9.3  | 152.6 | 66.5  | 44 | 86.1  | 56 |



表4 贡嘎山地区光合生产潜力 (单位: 斤/亩)

| 站名  | 纬度     | 1月   | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 全<br>年 | 冬半年  |    | 夏半年  |    |
|-----|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|----|------|----|
|     |        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        | 11—4 | %  | 5—10 | %  |
| 九 龙 | 28°53' | 1045 | 1088 | 1431 | 1582 | 1577 | 1332 | 1356 | 1302 | 1139 | 1150 | 1063 | 991  | 15056  | 7200 | 48 | 7856 | 52 |
| 新都桥 | 30°09' | 1313 | 1291 | 1701 | 1786 | 1857 | 1528 | 1679 | 1550 | 1407 | 1436 | 1342 | 1273 | 18163  | 8706 | 48 | 9457 | 52 |
| 康 定 | 30°05' | 1098 | 846  | 1207 | 1466 | 1484 | 1271 | 1433 | 1366 | 1150 | 1000 | 878  | 862  | 14061  | 6357 | 45 | 7704 | 55 |
| 泸 定 | 29°53' | 708  | 720  | 1014 | 1144 | 1150 | 938  | 1127 | 1078 | 888  | 791  | 662  | 651  | 10871  | 4899 | 45 | 5972 | 55 |

低。

各种作物的生长发育对温度都有极其严格的要求。因此,日平均气温稳定通过各界限温度的初终期的早迟和间隔日数的长短以及积温的多少,是决定着农事活动的早晚及作物的结构和布局的。根据甘孜州地区生产实践证明:日平均气温稳定通过 $0^{\circ}\text{C}$ 时期,为农事活动期。通过 $3^{\circ}\text{C}$ 时期的初日是越冬麦类作物返青期,终日是停止生长期。通过 $5^{\circ}\text{C}$ 时期是作物生长活跃期,初日是冬麦分蘖期,春麦播种期,高山牧草返青期,终日是冬麦停止分蘖期。通过 $10^{\circ}\text{C}$ 时期是作物进入积极生长期,初日是麦类拔节期,终日是冬麦播种期的下限。通过 $12^{\circ}\text{C}$ 时期初日是玉米、水稻播种期,终日是冬麦的适宜播种期。通过 $20^{\circ}\text{C}$ 时期是水稻扬花、授粉的有利时期。 $\geq 12^{\circ}\text{C}-\geq 20^{\circ}\text{C}$ 之间的间隔日数为水稻的“安全生长期”。

从表5中得知,本区热量区域性差异和垂直变化是十分显著的。从而形成了山区农业的立体结构。此外,区内的日差较大,有利于农作物特别是块根作物和经济果木有机物质及糖分的积累。

## 二、热水条件充分合理利用

综前所述,区内发展农业的主要形式应实行以林为主,切实做到宜林则林,宜牧则牧,宜农则农,林农牧复合经营的方针。即因地制宜,发挥自然优势,充分合理利用气候资源的多样性和丰富性。

大渡河谷地区及其支流田湾河、湾东沟和磨西河的下游地区海拔2300米以下, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温值为 $3000-5300^{\circ}\text{C}$ ,年降水量为700—1300毫米,泸定至瓦斯沟口为500—700毫米。总的来说,东坡谷地内,热水条件较好,有利于喜温作物水稻、亚热带经济果木桔子、广柑、油茶、油桐桑树等的发展。如德威、冷碛、加郡一带的水稻亩产最高可达1500—2000斤。得妥一带的桔子、广柑不仅质量好而且产量亦高,大有发展前途。

西坡邻区的九龙河谷中、下游亦如此。可见,就热水条件而言,各谷地内发展粮食生产、亚热带经济果树及林木都具有很大的潜力。目前各谷地内粮作单产较低约300斤左右。今后若能加强蓄水保水及其他相应措施,热量资源及光能资源就能得到充分利用。

半山区即山地暖温带、温带和寒温带的广大山区(海拔2300—4000米)降水比较丰富,但热量条件较差,气温偏低。仅西坡及邻区九龙的山地可种玉米、小麦、青稞、洋芋等作物,东坡和南坡无农作物种植。而喜凉、耐冷湿的各种针叶树和落叶阔叶树则长势良好。如磨西河、湾东沟及田湾河中上游流域有大片原始森林,木材蓄积量高,林下自然更新好。因此,

表5 贡嘎山地区日均温各界限温度

| 站名    | ≥0℃           |           |           | ≥3℃  |       |     | ≥5℃  |       |     | ≥10℃ |       |     | ≥12℃      |                |
|-------|---------------|-----------|-----------|------|-------|-----|------|-------|-----|------|-------|-----|-----------|----------------|
|       | 初日<br>(日/月)   | 终日<br>(天) | 间日<br>(天) | 初    | 终     | 间   | 初    | 终     | 间   | 初    | 终     | 间   | 初         | 终              |
|       | 介温<br>初、终、间、积 |           |           |      |       |     |      |       |     |      |       |     | 积温<br>(℃) |                |
| 九 龙   | 1/2           | 18/12     | 312       | 14/4 | 26/11 | 286 | 3/3  | 12/11 | 255 | 18/5 | 29/9  | 134 | 1929      | 5/6 28/9 113   |
| 新都桥   | 12/3          | 16/11     | 250       | 22/3 | 29/10 | 222 | 9/4  | 19/10 | 194 | 19/6 | 28/8  | 69  | 878       | 26/6 16/8 52   |
| 康 定   | 10/3          | 30/11     | 266       | 7/3  | 17/11 | 255 | 25/3 | 2/11  | 223 | 9/6  | 22/9  | 106 | 1545      | 8/6 15/9 100   |
| 泸 定   |               |           |           |      |       |     | 26/1 | 14/12 | 323 | 16/3 | 22/11 | 253 | 4768      | 9/3 1/11 238   |
| 磨 西   |               |           |           | 6/2  | 16/12 | 324 | 18/2 | 24/12 | 311 | 2/4  | 10/11 | 233 | 3791      | 3/4 10/11 222  |
| 沙 德   | 5/4           | 23/11     | 202       | 30/4 | 14/10 | 168 | 12/5 | 5/10  | 146 | 20/7 | 5/9   | 49  | 561       |                |
| 鸡 丑   | 10/5          | 2/10      | 146       | 3/6  | 22/9  | 112 | 8/6  | 21/9  | 106 |      |       |     |           |                |
| 日 鲁 库 | 20/5          | 24/10     | 152       | 20/5 | 1/10  | 132 | 13/6 | 27/9  | 107 | 1/7  | 15/9  | 77  | 1005      | 2/7 5/8 35     |
| 汤 古   |               |           |           | 17/4 | 21/10 | 166 | 27/5 | 1/10  | 172 | 25/6 | 10/7  | 16  | 250       | 27/7 9/8 13    |
| 乃 渠   |               |           |           |      |       |     | 1/2  | 15/12 | 319 | 5/3  | 25/10 | 233 | 3773      | 17/4 2/10 168  |
| 乌 拉 溪 |               |           |           |      |       |     |      |       |     | 23/2 | 26/11 | 277 | 4977      | 5/3 5/10 259   |
| 洪 木 林 |               |           |           |      |       |     |      |       |     | 14/1 | 13/12 | 332 | 6134      | 13/2 21/11 277 |

发展用材林有极大的潜力。而北坡，特别是西坡及邻区九龙河谷内的半山区，除有发展粮食生产的潜力外，还有发展各种经济林木（如花椒、核桃、生漆、苹果等）及用材林的极大潜力。如九龙地区海拔3200米以上的寒温带，木材蓄积量达1500立方米/公顷，为四川省境内木材蓄积量最高地区之一。

亚寒带和寒带的高山区海拔4000米以上，具有发展天然草场的优越条件，光能资源丰富。新都桥一带的太阳辐射能高达145—150千卡/厘米<sup>2</sup>。因此，牧草的产量高，质量好，对发展畜牧业十分有利。又如九龙的鸡丑山、斜卡、洪坝等地的牧草氨基酸含量比其它地区均高，加上雾大湿重的气候条件，所产的牦牛膘肥体壮，个头大，一头牦牛体重可达1000公斤，具有“吨牦牛”之称。

综上所述，本区内具有典型的“立体农业”结构图式，其结构特征亦随东、西坡热水条件的不同而有所差异。

东坡（包括南坡）应采取以林为主，林、农业综合发展的方针。以林为主是指对现有森林资源的合理开发利用、次生林地的改造、宜林荒地荒山的绿化以及发展经济林木等。

大渡河谷内，虽有发展粮食生产的热水条件，但山地坡度陡，耕地中陡坡比重大，其中旱地占98%左右，要提高粮食生产，保持生态平衡和大搞植树造林。

西坡应以牧业为主，包括对现有草场资源的合理利用，牧草和牲畜品种的改良以及森林和草场的合理配置。

邻近的九龙河谷内亦应以林为主，林、牧、农全面发展的方针。大力发展经济果木和林木是九龙地区趋利避害，扬长避短发挥自然优势，是改变山区面貌的有效措施。

## AGRICULTURAL APPRAISAL OF CLIMATICAL CONDITION IN GONGGA MOUNTAIN REGION

Zhang Xianfa

Chengdu Institute of Geography, Academia

Sinica

Abstract

Field surveying data of Gongga Mountain Region obtained during 1979-1981 were analysed and divided into three parts. In the first part, geographical position and landform characteristics are described. In the second part, the conditions of heat and water in this region are appraised. There are four climatical advantages for developing agriculture in this region: (1) Rainy season and high temperature fall into the same period of a year, (2) Vertical climatical variations are marked, (3) Sunshine time is long, (4) Resources of light energy is very rich. In addition, both the district and vertical differences of heat condition are obvious. In the third part, the rational exploitation of resources of heat and water are analysed. Based on the local distribution of heat and water, the authors advance their suggestions for developing agriculture.

## 49. 横断山区干旱河谷及其造林树种<sup>①</sup>

何其果

(中国科学院植物研究所)

在1981年和1982年的两个夏秋,作者在参加中国科学院青藏高原综合科学考察队植物区系的考察时,对横断山区干旱河谷里<sup>②</sup>的造林树种问题也很关注,附带进行了较用心的观察。现写成此小文,奉献给当地人民和其他有关读者参考。

本文有三个主要特点:(1)提出牡荊属植物,在干旱河谷里具有极重要的造林价值;(2)提出应大大减少干旱河谷里的多刺灌木;(3)把横断山地区的干旱河谷区分为干热河谷与干暖河谷两大部分或两大类型。

### 一、概 述

地球向天空隆起最高最大的部分——喜马拉雅山脉和青藏高原,在其东南部,有几条近于北—南走向的山脉和河流,叫做横断山和“横断河”<sup>③</sup>。山间是巨大的陡坡峡谷(河谷),一般成V形,相对高度达2000米以上。在河谷的中北段,存在着高原地区非常奇特的一种自然环境<sup>(17)</sup>,我们总称之为“干旱河谷”<sup>④(2)</sup>。约在北纬 $25^{\circ}45'$ — $32^{\circ}$ 和东经 $98^{\circ}$ — $102^{\circ}45'$ 之间<sup>(1,2,4,5)</sup>。四川得荣县约莫处于最中心部位,其年降水量仅341毫米,得荣至巴塘间年降水量也只在517毫米以下<sup>(4)</sup>。干旱河谷的深度或垂直范围,通常在海拔1500—3000米之间。

怒江和澜沧江河谷的比较连贯的干旱部分,在纬度上很可能远远高于 $25^{\circ}45'$ ,即更偏北些。

干旱河谷之显著的或基本的特点是:植物稀少,裸地多;土壤少,灌木多;降水少,风多。空气和土壤都很干燥。灌木通常矮小而多刺或成刺状,具有生理性抗旱的形态和解剖学特征。乔木仅见于谷坡上部即海拔2500—3000米以上地带,或局部的沟谷、江边和村旁湿处。农耕地也多在村旁或江边湿润处。海拔2500米以下的植被覆盖率仅约30—50%。(图版26,图1)牲畜由于缺乏饲料也往往长得比较矮小。

干旱河谷年降水量约200—600毫米,空气相对湿度约40—60%,干燥指数一般在2以上<sup>(2,3,19,20)</sup>。那里的植被状况显然主要是由于缺水造成的。虽然谷底河水和高山积水相当丰富,但还存在利用的问题。

干旱河谷地区的植物和水,对于那里的自然环境本身以及人民的生产和生活,可以说是影响最大的两个因素。在研究、开发与治理干旱河谷时,自然是应当着重加以注意的。

① 本文请孔昭宸、王金亭、郎楷永提了宝贵意见,谨致衷心谢意

② 后面树种表里的“产地举例”,大多为我们实际到过的地点。有几个公社以下的小地名,要在比例尺较大的地图上才能查到

③ “横断河”,是作者自己在这里的一种用语,它包括怒江、澜沧江、金沙江、雅鲁江等。我们这两年到了金、澜、怒、三大江干旱河谷的大部分,但作者尚未到过雅鲁江干旱河谷

④ 也有统称为“干热河谷”<sup>(1,2,5)</sup>或“干燥河谷”<sup>(6)</sup>

## 二、干旱河谷简单区划

为了便于反映和认识干旱河谷里植物的分布及其他若干基本情况，根据气候、植物组成等方面的差异，将干旱河谷地带简要地区分为几部分，是有意义的。

1. 横向的（或水平的）：干热河谷（干旱河谷南段或下段）；干暖河谷（干旱河谷北段或上段）。两段界线大体在北纬 $28^{\circ}$ 附近<sup>(5, 17)</sup>，但成西北—东南向的一条斜线。大部分属于干暖河谷区域。干热河谷范围较小，且被热而不干或半湿润性地域分割，那里的中低山地带即谷坡中下部，有少数旱生性热带亚热带植物区系成分，如木棉、余甘子等，也可种植水稻等农作物。

2. 竖向的（或垂直的）：下部（江边与村旁，海拔1500—2000米）；中部（谷坡，海拔2000—2500米）；上部（2500—3000米）。这几部分的分界当然不是绝对的。在中部谷坡部分，旱象最为显著。

在分析树种时，竖向的三个部分仅涉及干旱河谷的主要的也是最干旱的地段——干暖河谷，而暂未考虑干热河谷。干热河谷较南部分的垂直下线，多数资料认为在1000米左右<sup>(1, 2, 5, 14)</sup>。村落通常是在河谷下部，也有少数是在中部；我们这里只提到下部村旁的树种。

各河谷的干旱程度及植被状况大同小异，金沙江河谷似乎更典型些。

## 三、树木概况

横断山区干旱河谷，共有乔灌木约60科130属近200种。干热河谷约80种，干暖河谷约100种。干暖河谷的下部（江边与村旁）约60种，中部坡面约30种，上部约15种。常绿的约30种。速生的约30种。引种栽培的约30种。珍稀的约25种。宜发展的约25种。请参阅表1<sup>(1, 2, 5-14)</sup>。其中科（Families）的安排，主要依据H. G. A. 恩格勒系统，少数采用J. 哈钦松系统。

希望参阅此表时，特别注意分布于干暖河谷坡面中部和下部的种类以及“宜发展”的种类。可以说最主要的造林树种是云南松、云南黄果冷杉、侧柏、胡桃、铁橡栎、梨、苹果、香水月季、刺槐、柑桔、草沉香、清香木、茶、沙棘、石榴、桉树、柿、小角柱花、尖叶木犀榄、小叶黄荆、滇楸、水竹、刚竹、慈竹（图版27，照片1，2）。金花小蘗、川滇蔷薇、华西小石积、小马鞍叶羊蹄甲、白刺花、雀梅藤、西南仙人掌、薄皮木等，虽数量多，但重要性不是太大。

## 四、特别提出牡荆属植物

牡荆属植物（*Vitex* spp.），通常为灌木，主要分布于热带和温带地区。我国约有14个种和10个变种变型，主产长江以南，个别种进到华北和东北。横断山区干旱河谷灌丛中的牡荆，主要是小叶黄荆（*V. negundo* L. var. *microphylla* Hand.-Hand.）（= *V. microphylla* (Hand.-Mazz.) P'ei ex C. Y. Wu），平均高1—2米，掌状复叶之小叶3—7，通常5，全缘，背面密生灰白色绒毛，中间小叶片长1.5—4厘米，宽0.5—1厘米，花序顶生，花果期7—11月，广泛分布于藏东南至滇西北和川西，海拔1200—3200米河谷灌木丛中

(图版27, 图3)。其次还有金沙荆 (*V. duolouxii* P. Dop.) 和牡荆 (*V. negundo* L. var. *cannabifolia* (Sieb. et Zucc.) Hand.-Mazz.), 也见于川滇河谷灌丛中<sup>(7)</sup>。

通过认真观察比较, 作者认为, 牡荆属的小叶黄荆等种类, 是干旱河谷 (尤其是干暖河谷) 灌丛里最重要的野生造林树种之一。它不仅非常适应干旱瘠薄的土壤气候条件, 而且生长迅速, 萌生力强, 特别可贵的是植株无刺, 这对于人们从事生产和用作烧柴等, 都极为有利, 是其他许多多刺植物远不能相比的。

牡荆还有其他许多的用途。它的花是良好的蜜源, 开花期也长; 全株可作中药 (祛风、镇咳、治痢等); 树皮可供造纸和人造纤维; 种子榨油, 含油量约20%, 并含淀粉可酿酒等; 叶可代茶叶, 提取芳香油, 做农药及绿肥等; 枝条可编制笼篮<sup>(11)</sup>。

本属的其它种类, 在其各分布区里表现也相当不错。整个牡荆属植物在造林上的意义, 应当受到更大的重视。

## 五、其他建议

1. 减少多刺灌木。例如川滇蔷薇 (*Rosa Soulieana*), 华西小石积 (*Osteomeles schweriana*), 白刺花 (苦刺) (*Sophora Viciifolia*), 凹叶雀梅藤 (*Sageretia horrida*), 小檗 (*Berberis* spp.), 等等 (图版28)。虽然这类土生植物是长期自然选择的结果, 具有极强的适应本地环境的特点, 并且它们都各有自己一定的用途 (例如白刺花, 可作药材, 也是蜜源植物), 可惜目前由于缺乏采收利用条件以及它们多刺所带来的麻烦, 故应当大大减少, 为其它更适用的植物创造发展条件。人类实践证明, 根据自身的需要和在自然规律所容许的范围内, 改造一个地区的植物组成, 是完全可能的。

看来, 很有必要加强对仙人掌 (*Opuntia ficusindica*) 等重要有刺植物和草沉香 (*Excoecaria acerifolia*) (果多而大, 含油量高) 等重要无刺植物的研究与利用。美国伟大科学家L. 布尔班克, 于十九世纪末, 在美国西南部, 培育成功的巨大无刺仙人掌, 可爱极了! 如果后来继续发展, 我们加以引种, 可能会带来极大的益处<sup>(16)</sup>。

2. 引进一些种类。举例: (1) 竹子, 是很好的植物<sup>(12)</sup>。尤其是刚竹属 (*Phyllostachys*) 和慈竹属 (*Sinocalamus*) 的一些种类, 是造屋和编制竹器的极好原料, 而且生长非常迅速, 繁殖简易。虽然竹的种子极难获得, 但是采用根、茎无性繁殖却是不难办到的。目前干暖河谷除中高山地区的箭竹外, 其余中下部广大地区极少有较大的竹类。所以, 多引种些竹子是很值得考虑的。云南的中西部就有不少好的竹种。(2) 大果枣 (*Ziziphus mairei*), 原产滇中至滇西北, 河边灌丛或林缘, 海拔1000—2000米处), 山枣 (*Z. moutana*), 产滇西北至川西和川西南、藏东南, 海拔1400—2600米的山谷疏林或干旱多岩石处), 供食用等<sup>(8)</sup>。

(3) 紫穗槐 (*Amorpha fruticosa*), 原产美洲温带至热带, 丛生灌木, 速生, 萌发力强, 耐干旱瘠薄土壤, 我国南北有栽培, 为良好的绿肥、薪柴、蜜源和固土植物, 叶可作牲畜饲料, 枝条可编制筐篓和人造纤维及纸张, 种子可榨油<sup>(9, 11)</sup>。(4) 油茶 (*Camellia oleifera*) 含优良的食用油或工业用油, 灌木或小乔木, 喜暖热与光照, 也较耐干旱, 我国南方广泛分布与栽种<sup>(11)</sup>。

适者生存。从这些种类的习性看, 它们到干旱河谷里生活是不会太困难的。人类历来总是根据自己的需要, 对自然选择的成果再进行选择<sup>(15)</sup>。

3. 水土条件较好的地方, 应特别注意选用优良树种 (土生的或外来的), 使本来很有限

表1 横断山地区干旱河谷树木统计表

| 科名  | 属种数             | 主要种名   | 宜宜珍稀<br>我国<br>保护<br>或特<br>展留有 | 主要用途                       |             |             |               | 乔灌<br>常较<br>有野<br>栽较<br>建  | 干旱河谷             |                  |                  | 特       |
|-----|-----------------|--------|-------------------------------|----------------------------|-------------|-------------|---------------|----------------------------|------------------|------------------|------------------|---------|
|     |                 |        |                               | 薪<br>食<br>医<br>饲<br>工<br>观 | 刺<br>速<br>刺 | 刺<br>速<br>刺 | 有野<br>栽较<br>建 | 热<br>江<br>中<br>部<br>上<br>别 | 干<br>暖<br>河<br>谷 | 干<br>暖<br>河<br>谷 | 干<br>暖<br>河<br>谷 |         |
| 松科  | Pinaceae 45     | 云南松    | ✓                             | ✓                          | ✓           | ✓           | ✓             | ✓                          | ✓                | ✓                | ✓                | 德钦县奔子栏  |
|     |                 | 华山松    | ✓                             | ✓                          | ✓           | ✓           | ✓             | ✓                          | ✓                | ✓                | ✓                | 西藏察瓦龙格布 |
|     |                 | 澜沧黄杉   | ✓                             | ✓                          | ✓           | ✓           | ✓             | ✓                          | ✓                | ✓                | ✓                | 察瓦龙门工   |
|     |                 | 云南黄果冷杉 | ✓                             | ✓                          | ✓           | ✓           | ✓             | ✓                          | ✓                | ✓                | ✓                | 门工      |
|     |                 | 云南油杉   | ✓                             | ✓                          | ✓           | ✓           | ✓             | ✓                          | ✓                | ✓                | ✓                | ✓       |
| 柏科  | Cupressaceae 22 | 侧柏     | ✓                             | ✓                          | ✓           | ✓           | ✓             | ✓                          | ✓                | ✓                | ✓                | 德钦溜通河   |
|     |                 | 干香柏    | ✓                             | ✓                          | ✓           | ✓           | ✓             | ✓                          | ✓                | ✓                | ✓                | 维西县叶枝   |
|     |                 | 山杨     | ✓                             | ✓                          | ✓           | ✓           | ✓             | ✓                          | ✓                | ✓                | ✓                | 门工      |
| 杨柳科 | Salicaceae 23   | 滇杨     | ✓                             | ✓                          | ✓           | ✓           | ✓             | ✓                          | ✓                | ✓                | ✓                | 奔子栏     |
|     |                 | 垂柳     | ✓                             | ✓                          | ✓           | ✓           | ✓             | ✓                          | ✓                | ✓                | ✓                | 德钦梅里石   |
| 胡桃科 | Juglandaceae 11 | 胡桃     | ✓                             | ✓                          | ✓           | ✓           | ✓             | ✓                          | ✓                | ✓                | ✓                | 广泛分布    |
|     |                 | 尼泊尔槭木  | ✓                             | ✓                          | ✓           | ✓           | ✓             | ✓                          | ✓                | ✓                | ✓                | ✓       |
| 桦木科 | Betulaceae 33   | 雷公鹅耳枥  | ✓                             | ✓                          | ✓           | ✓           | ✓             | ✓                          | ✓                | ✓                | ✓                | 叶枝      |
|     |                 | 桦      | ✓                             | ✓                          | ✓           | ✓           | ✓             | ✓                          | ✓                | ✓                | ✓                | ✓       |
| 榛科  | Corylaceae 22   | 滇榛     | ✓                             | ✓                          | ✓           | ✓           | ✓             | ✓                          | ✓                | ✓                | ✓                | 叶枝至巴迪   |
|     |                 | 滇虎榛    | ✓                             | ✓                          | ✓           | ✓           | ✓             | ✓                          | ✓                | ✓                | ✓                | 德钦阿登    |

续表 1

| 科名    | 属种数            | 主要种名  | 宜珍稀<br>我国特有<br>或保留 | 主要用途 |     | 乔灌 | 常较有刺或速刺 | 野生栽培多少 | 建群 | 干暖河谷 |     |     | 特殊 | 产地举例   |
|-------|----------------|-------|--------------------|------|-----|----|---------|--------|----|------|-----|-----|----|--------|
|       |                |       |                    | 薪材   | 饲工观 |    |         |        |    | 热边   | 中部上 | 别耐旱 |    |        |
| 壳斗科   | Fagaceae       | 铁 橡 栎 | ✓                  | ✓    | ✓   | ✓  | ✓       | ✓      | ✓  | ✓    | ✓   | ✓   | ✓  | 寮瓦龙松塔  |
|       |                | 川滇高山栎 | ✓                  | ✓    | ✓   | ✓  | ✓       | ✓      | ✓  | ✓    | ✓   | ✓   | ✓  | 寮瓦龙扎那  |
| 榆 科   | Ulmaceae       | 栗 板   | ✓                  | ✓    | ✓   | ✓  | ✓       | ✓      | ✓  | ✓    | ✓   | ✓   | ✓  | 贡山县丙中洛 |
|       |                | 小叶朴   |                    | ✓    | ✓   | ✓  | ✓       | ✓      | ✓  | ✓    | ✓   | ✓   | ✓  | 叶枝     |
| 桑 科   | Moraceae       | 桑     | ✓                  |      | ✓   | ✓  | ✓       | ✓      | ✓  | ✓    | ✓   | ✓   | ✓  | 溜通河    |
| 荨麻科   | Urticaceae     | 水 麻   |                    | ✓    | ✓   | ✓  | ✓       | ✓      | ✓  | ✓    | ✓   | ✓   | ✓  | 奔子栏    |
| 檀香科   | Santalaceae    | 沙 针   | ✓                  |      |     | ✓  | ✓       | ✓      | ✓  | ✓    | ✓   | ✓   | ✓  | 松塔     |
| 蓼 科   | Polygonaceae   | 中华山蓼  |                    |      |     |    | ✓       | ✓      | ✓  | ✓    | ✓   | ✓   | ✓  | (灌木状)  |
| 毛茛科   | Ranunculaceae  | 刺铁线莲  | ✓                  |      |     | ✓  | ✓       | ✓      | ✓  | ✓    | ✓   | ✓   | ✓  | 扎那至格布  |
|       |                | 野 牡丹  | ✓                  | ✓    | ✓   | ✓  | ✓       | ✓      | ✓  | ✓    | ✓   | ✓   | ✓  | 门工     |
| 小 檗 科 | Berberidaceae  | 金花小檗  | ✓                  |      | ✓   | ✓  | ✓       | ✓      | ✓  | ✓    | ✓   | ✓   | ✓  | 扎那至格布  |
|       |                | 云南樟   | ✓                  | ✓    | ✓   | ✓  | ✓       | ✓      | ✓  | ✓    | ✓   | ✓   | ✓  | 贡山县    |
| 樟 科   | Lauraceae      | 新 樟   | ✓                  |      |     | ✓  | ✓       | ✓      | ✓  | ✓    | ✓   | ✓   | ✓  | 维西澜沧江边 |
| 虎耳草科  | Saxifragaceae  | 搜 硫   | ✓                  |      |     | ✓  | ✓       | ✓      | ✓  | ✓    | ✓   | ✓   | ✓  | 叶枝     |
| 鼠 刺 科 | Itaceae        | 云南鼠刺  | ✓                  |      |     | ✓  | ✓       | ✓      | ✓  | ✓    | ✓   | ✓   | ✓  | 松塔     |
| 海桐科   | Pittosporaceae | 异叶海桐  | ✓                  |      |     |    | ✓       | ✓      | ✓  | ✓    | ✓   | ✓   | ✓  | 溜通河    |



续表 1

| 科名  | 属种数              | 主要种名 | 宜宣珍稀<br>我其<br>国保<br>发保<br>展留<br>特有 | 主要用途                                        |                                  |                     |                     |                     | 乔灌<br>常较<br>有刺<br>速或<br>刺 | 野栽<br>多少<br>生培 | 干暖河谷<br>热边与<br>河村旁<br>面谷部<br>旱 | 干暖河谷<br>热边与<br>河村旁<br>面谷部<br>旱 | 产地举例     |
|-----|------------------|------|------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|----------|
|     |                  |      |                                    | 建薪<br>食医<br>饲工<br>观                         | 材材<br>饮药<br>料业<br>赏木<br>绿生<br>状生 | 建薪<br>食医<br>饲工<br>观 | 建薪<br>食医<br>饲工<br>观 | 建薪<br>食医<br>饲工<br>观 |                           |                |                                |                                |          |
|     |                  |      |                                    |                                             |                                  |                     |                     |                     |                           |                |                                |                                |          |
| 蔷薇科 | Rosaceae         | 1119 | 梨                                  | <i>Pyrus spp.</i>                           | ✓                                | ✓                   | ✓                   | ✓                   | ✓                         | ✓              | ✓                              | ✓                              | 广泛分布     |
|     |                  |      | 苹果                                 | <i>Malus pumila</i>                         | ✓                                |                     | ✓                   |                     |                           | ✓              | ✓                              | ✓                              | 四川得荣县孜根  |
|     |                  |      | 山桃                                 | <i>Prunus davidiana</i>                     | ✓                                |                     | ✓                   |                     | ✓                         | ✓              | ✓                              | ✓                              |          |
|     |                  |      | 梅                                  | <i>P. mume</i>                              | ✓                                |                     | ✓                   |                     |                           | ✓              | ✓                              | ✓                              | 奔子栏东竹林   |
|     |                  |      | 川滇蔷薇                               | <i>Rosa soulieana</i>                       |                                  |                     |                     |                     | ✓                         | ✓              | ✓                              | ✓                              | 四川德格至岗拖  |
|     |                  |      | 尖叶栒子                               | <i>Cotoneaster acuminatum</i>               | ✓                                |                     | ✓                   |                     | ✓                         | ✓              | ✓                              | ✓                              | 松塔       |
|     |                  |      | 香水月季                               | <i>Rosa odorata</i>                         | ✓                                |                     |                     |                     | ✓                         | ✓              | ✓                              | ✓                              | 叶枝       |
|     |                  |      | 华西小石积                              | <i>Osteomeles schwe-<br/>riana</i>          |                                  |                     |                     |                     | ✓                         | ✓              | ✓                              | ✓                              | 奔子栏      |
|     |                  |      | 金露梅                                | <i>Potentilla fluti-<br/>cosa</i>           | ✓                                |                     |                     |                     | ✓                         | ✓              | ✓                              | ✓                              | 扎那至格布    |
|     |                  |      | 小马鞍叶羊蹄甲                            | <i>Bauhinia faberi<br/>var. microphylla</i> | ✓                                | ✓                   |                     |                     | ✓                         | ✓              | ✓                              | ✓                              | 察瓦龙格布至瓦布 |
|     |                  |      | 白刺花                                | <i>Sophora viciifolia</i>                   |                                  |                     |                     | ✓                   | ✓                         | ✓              | ✓                              | ✓                              | 孜根       |
| 豆科  | Legumi-<br>nosae | 1114 | 多花胡枝子                              | <i>Lespedeza flori-<br/>bunda</i>           | ✓                                |                     | ✓                   |                     | ✓                         | ✓              | ✓                              | ✓                              | 梅里石      |
|     |                  |      | 铁扫帚                                | <i>Indigofera bun-<br/>geana</i>            | ✓                                |                     | ✓                   |                     | ✓                         | ✓              | ✓                              | ✓                              | 得荣县定曲河   |
|     |                  |      | 多花山蚂蝗                              | <i>Desmodium multi-<br/>florum</i>          |                                  |                     | ✓                   |                     | ✓                         | ✓              | ✓                              | ✓                              |          |
|     |                  |      | 刺槐                                 | <i>Robinia pseudoa-<br/>cacia</i>           | ✓                                |                     | ✓                   | ✓                   | ✓                         | ✓              | ✓                              | ✓                              |          |
|     |                  |      | 金合欢                                | <i>Acacia farnesiana</i>                    |                                  | ✓                   |                     | ✓                   | ✓                         | ✓              | ✓                              | ✓                              | 四川盐边县    |

| 科名  | 属种数                | 主要种名  | 宜发<br>展 | 珍稀<br>我国<br>保护<br>或特<br>有 | 主要用途     |    |   |          | 乔灌<br>常绿<br>速生 | 有刺<br>或刺 | 野生<br>栽培<br>多少 | 河谷<br>坡面 | 干暖河谷特          |          |          | 产地举例 |
|-----|--------------------|-------|---------|---------------------------|----------|----|---|----------|----------------|----------|----------------|----------|----------------|----------|----------|------|
|     |                    |       |         |                           | 新建<br>饲工 | 医饲 | 观 | 其他<br>材料 |                |          |                |          | 热江<br>边与<br>河村 | 中部<br>支坡 | 上部<br>支坡 |      |
| 豆科  | Legumi-<br>nosae   | 刺木通   |         | ✓                         |          |    | ✓ |          | ✓              | ✓        | ✓              | ✓        | ✓              |          |          |      |
|     |                    | 西南杭子梢 | 11 14   |                           | ✓        |    |   |          | ✓              |          |                | ✓        | ✓              |          |          | 金沙江边 |
|     |                    | 酸角    |         |                           |          |    | ✓ |          | ✓              | ✓        | ✓              | ✓        | ✓              |          |          | 川西南  |
| 芸香科 | Rutaceae           | 柑桔    | 2 3     | ✓                         |          |    | ✓ |          | ✓              | ✓        | ✓              | ✓        | ✓              |          |          | 奔子栏  |
|     |                    | 花椒    |         |                           | ✓        |    |   | ✓        | ✓              | ✓        | ✓              | ✓        | ✓              | ✓        |          | 门工   |
|     |                    | 红椿    | 1 2     |                           |          | ✓  | ✓ |          | ✓              | ✓        | ✓              | ✓        | ✓              |          |          | 四川渡口 |
| 大戟科 | Euphor-<br>biaceae | 草沉香   |         | ✓                         |          | ✓  |   |          | ✓              | ✓        | ✓              | ✓        | ✓              |          |          | 松塔   |
|     |                    | 油桐    |         | ✓                         |          |    | ✓ |          | ✓              | ✓        | ✓              | ✓        | ✓              |          |          |      |
|     |                    | 蓖麻    | 6 8     | ✓                         |          | ✓  |   |          | ✓              | ✓        | ✓              | ✓        | ✓              |          |          | 奔子栏  |
|     |                    | 余甘子   |         | ✓                         | ✓        | ✓  |   | ✓        | ✓              | ✓        | ✓              | ✓        | ✓              |          |          | 川西南  |
|     |                    | 麻疯树   |         |                           | ✓        | ✓  | ✓ |          | ✓              | ✓        | ✓              | ✓        | ✓              |          |          | 四川西昌 |
|     |                    | 皱叶黄杨  | 1 1     | ✓                         |          |    | ✓ | ✓        | ✓              | ✓        | ✓              | ✓        | ✓              |          |          | 梅里石  |
| 马桑科 | Coriaria-<br>ceae  | 马桑    | 1 1     |                           |          | ✓  |   |          | ✓              | ✓        | ✓              | ✓        | ✓              | ✓        |          | 澜沧江边 |
| 漆树科 | Anacardi-<br>aceae | 清香木   | 2 2     | ✓                         |          |    | ✓ |          | ✓              | ✓        | ✓              | ✓        | ✓              |          |          | 夜根   |
|     |                    | 漆树    |         | ✓                         |          | ✓  | ✓ | ✓        | ✓              | ✓        | ✓              | ✓        | ✓              |          |          |      |
| 槭树科 | Aceraceae          | 槭     | 1 1     | ✓                         |          |    | ✓ |          | ✓              | ✓        | ✓              | ✓        | ✓              |          |          | 门工   |

续表 1

| 科名   | 属种数               | 主要种名      | 宜珍<br>我国<br>发保<br>展留 | 主要用途    |        |      |    |    |    | 乔灌 |    |   | 有野栽较建 |   |     | 干干暖河谷特 |   |   | 产地举例  |
|------|-------------------|-----------|----------------------|---------|--------|------|----|----|----|----|----|---|-------|---|-----|--------|---|---|-------|
|      |                   |           |                      | 建薪食医饲工观 | 材材材材材材 | 饮药料业 | 赏木 | 木绿 | 生状 | 生培 | 多少 | 种 | 刺速刺   | 群 | 热边与 | 江中部上   | 别 | 耐 |       |
| 无患子科 | Sapinda-<br>ceae  | 1 1 坡柳    | ✓                    | ✓       | ✓      | ✓    | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓ | ✓     | ✓ | ✓   | ✓      | ✓ | ✓ | 川西南   |
| 清风藤科 | Sabiaceae         | 1 1 泡花树   |                      |         |        |      | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓ | ✓     | ✓ | ✓   | ✓      | ✓ | ✓ |       |
| 鼠李科  | Rhamnu-<br>naceae | 凹叶雀梅藤     | ✓                    |         |        |      | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓ | ✓     | ✓ | ✓   | ✓      | ✓ | ✓ | 四川巴塘  |
|      |                   | 4 7 对节刺   | ✓                    |         |        |      | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓ | ✓     | ✓ | ✓   | ✓      | ✓ | ✓ | 松塔    |
|      |                   | 川滇鼠李      | ✓                    |         |        |      | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓ | ✓     | ✓ | ✓   | ✓      | ✓ | ✓ | 松塔    |
| 葡萄科  | Vitaceae          | 1 2 葡萄    |                      |         |        | ✓    |    |    |    | ✓  | ✓  | ✓ | ✓     | ✓ | ✓   | ✓      | ✓ | ✓ |       |
| 椴树科  | Tiliaceae         | 1 1 华椴    | ✓                    |         |        | ✓    |    |    |    | ✓  | ✓  | ✓ | ✓     | ✓ | ✓   | ✓      | ✓ | ✓ | 门工    |
| 木棉科  | Bombaca-<br>ceae  | 1 1 木棉    | ✓                    |         |        | ✓    | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓ | ✓     | ✓ | ✓   | ✓      | ✓ | ✓ | 盐边    |
| 山茶科  | Theaceae          | 1 1 茶     | ✓                    |         |        |      | ✓  |    |    | ✓  | ✓  | ✓ | ✓     | ✓ | ✓   | ✓      | ✓ | ✓ |       |
| 金丝桃科 | Hyperica-<br>ceae | 1 1 金丝梅   | ✓                    |         |        | ✓    |    |    |    | ✓  | ✓  | ✓ | ✓     | ✓ | ✓   | ✓      | ✓ | ✓ | 丙中洛   |
| 柃柳科  | Tamarica-<br>ceae | 1 1 水柏枝   | ✓                    |         |        | ✓    |    |    |    | ✓  | ✓  | ✓ | ✓     | ✓ | ✓   | ✓      | ✓ | ✓ | 奔子栏叶日 |
| 番木瓜科 | Caricace-<br>ae   | 1 1 番木瓜   | ✓                    |         |        |      | ✓  |    |    | ✓  | ✓  | ✓ | ✓     | ✓ | ✓   | ✓      | ✓ | ✓ | 西昌地区  |
| 仙人掌科 | Cactaceae         | 2 2 西南仙人掌 |                      |         |        | ✓    | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓ | ✓     | ✓ | ✓   | ✓      | ✓ | ✓ | 察瓦龙   |
| 瑞香科  | Thymela-<br>ceae  | 2 3 五出瑞香  | ✓                    |         |        |      |    |    |    | ✓  | ✓  | ✓ | ✓     | ✓ | ✓   | ✓      | ✓ | ✓ | 扎那    |
|      |                   | 长办瑞香      | ✓                    |         |        |      |    |    |    | ✓  | ✓  | ✓ | ✓     | ✓ | ✓   | ✓      | ✓ | ✓ | 门工    |
| 胡颓子科 | Elaeagla-<br>ceae | 2 2 木半夏   | ✓                    |         |        |      | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓ | ✓     | ✓ | ✓   | ✓      | ✓ | ✓ | 门工    |

续表 1

| 科名   | 属种数                | 主要种名         | 宜珍稀<br>我国保护或特有 | 主要用途 |    |    |   | 乔灌木栽培较建 |    |   |   | 干暖河谷特 |    |    |    | 产地举例         |
|------|--------------------|--------------|----------------|------|----|----|---|---------|----|---|---|-------|----|----|----|--------------|
|      |                    |              |                | 建新   | 食医 | 饲工 | 观 | 刺速      | 或刺 | 刺 | 刺 | 热江中部  | 边与 | 坡支 | 上别 |              |
| 胡颓子科 | Elaeagnaceae 2 2   | 棘沙           | ✓              | ✓    | ✓  | ✓  | ✓ | ✓       | ✓  | ✓ | ✓ | ✓     | ✓  | ✓  | ✓  | 阿登           |
| 石榴科  | Punicaceae 1 1     | 石榴           | ✓              | ✓    | ✓  | ✓  | ✓ | ✓       | ✓  | ✓ | ✓ | ✓     | ✓  | ✓  | ✓  | 门工           |
| 使君子科 | Combretaceae 1 1   | 错枝槿          | ✓              | ✓    | ✓  | ✓  | ✓ | ✓       | ✓  | ✓ | ✓ | ✓     | ✓  | ✓  | ✓  | 梅里石          |
| 桃金娘科 | Myrtaceae 1 2      | 赤桉<br>柠檬桉    | ✓              | ✓    | ✓  | ✓  | ✓ | ✓       | ✓  | ✓ | ✓ | ✓     | ✓  | ✓  | ✓  | 奔子栏<br>四川米易县 |
| 五加科  | Araliaceae 3 2     | 红河鹅掌柴<br>常春藤 | ✓              | ✓    | ✓  | ✓  | ✓ | ✓       | ✓  | ✓ | ✓ | ✓     | ✓  | ✓  | ✓  | 门工<br>(木质藤本) |
| 山茱萸科 | Cornaceae 1 1      | 四照花          | ✓              | ✓    | ✓  | ✓  | ✓ | ✓       | ✓  | ✓ | ✓ | ✓     | ✓  | ✓  | ✓  |              |
| 杜鹃花科 | Ericaceae 3 4      | 大白杜鹃<br>南烛   | ✓              | ✓    | ✓  | ✓  | ✓ | ✓       | ✓  | ✓ | ✓ | ✓     | ✓  | ✓  | ✓  | 广泛分布         |
| 紫金牛科 | Myrsinaceae 1 1    | 铁仔           | ✓              | ✓    | ✓  | ✓  | ✓ | ✓       | ✓  | ✓ | ✓ | ✓     | ✓  | ✓  | ✓  | 松塔           |
| 蓝雪科  | Plumbaginaceae 1 1 | 小角柱花         | ✓              | ✓    | ✓  | ✓  | ✓ | ✓       | ✓  | ✓ | ✓ | ✓     | ✓  | ✓  | ✓  | 梅里石          |
| 柿树科  | Ebenaceae 1 2      | 柿            | ✓              | ✓    | ✓  | ✓  | ✓ | ✓       | ✓  | ✓ | ✓ | ✓     | ✓  | ✓  | ✓  |              |
| 木犀科  | Oleaceae 6 8       | 垫状迎春花        | ✓              | ✓    | ✓  | ✓  | ✓ | ✓       | ✓  | ✓ | ✓ | ✓     | ✓  | ✓  | ✓  | 四川木里县        |
|      |                    | 尖叶木犀榄        | ✓              | ✓    | ✓  | ✓  | ✓ | ✓       | ✓  | ✓ | ✓ | ✓     | ✓  | ✓  | ✓  | 松塔           |
|      |                    | 流苏树          | ✓              | ✓    | ✓  | ✓  | ✓ | ✓       | ✓  | ✓ | ✓ | ✓     | ✓  | ✓  | ✓  | 维西澜沧江边       |

续表 1

| 科名   | 属种数             | 主要种名 |       | 宜珍<br>发保<br>展留 | 稀<br>其<br>国<br>保<br>护<br>或<br>特<br>有 | 主要用途                |                                        |                            |                | 乔灌             | 常较<br>速或<br>刺        | 有野<br>栽或<br>刺  | 建较<br>群        | 干暖河谷特 |    |  | 产地举例    |
|------|-----------------|------|-------|----------------|--------------------------------------|---------------------|----------------------------------------|----------------------------|----------------|----------------|----------------------|----------------|----------------|-------|----|--|---------|
|      |                 |      |       |                |                                      | 建薪<br>食医<br>饲工<br>观 | 材材<br>材材<br>饮饮<br>药药<br>料料<br>业业<br>赏赏 | 木木<br>木木<br>绿绿<br>生生<br>状状 | 培培<br>多多<br>少少 | 谷谷<br>旁旁<br>面面 | 热热<br>边边<br>与与<br>村村 | 江江<br>中中<br>部部 | 上上<br>支支<br>坡坡 | 耐耐    | 旱旱 |  |         |
|      |                 |      |       |                |                                      |                     |                                        |                            |                |                |                      |                |                |       |    |  |         |
| 木犀科  | Oleaceae        | 6 8  | 女贞    | ✓              |                                      |                     |                                        | ✓                          |                | ✓              | ✓                    |                |                |       |    |  | 松塔      |
|      |                 |      | 藤翅象蜡树 | ✓              |                                      |                     |                                        | ✓                          |                | ✓              |                      |                | ✓              |       |    |  | 门工      |
| 马钱科  | Loganiaceae     | 1 2  | 莼叶醉鱼草 | ✓              |                                      |                     |                                        | ✓                          |                | ✓              |                      |                | ✓              |       |    |  | 奔子栏     |
|      |                 |      | 粗糠树   | ✓              |                                      |                     |                                        | ✓                          |                | ✓              |                      |                | ✓              |       |    |  | 溜通河     |
| 马鞭草科 | Verbena-ceae    | 4 8  | 小叶黄荆  | ✓              |                                      |                     | ✓                                      | ✓                          |                | ✓              |                      |                | ✓              |       |    |  | 巴塘县竹芭笼  |
|      |                 |      | 小叶灰毛莸 | ✓              |                                      |                     |                                        | ✓                          |                | ✓              |                      |                | ✓              |       |    |  | 奔子栏     |
|      |                 |      | 少花豆腐柴 | ✓              |                                      |                     |                                        |                            |                |                |                      |                | ✓              |       |    |  | 扎那      |
|      |                 |      | 头花香薷  | ✓              |                                      |                     | ✓                                      | ✓                          |                | ✓              |                      |                | ✓              |       |    |  | 奔子栏     |
| 唇形科  | Labiatae        | 2 6  | 四川香茶菜 | ✓              |                                      |                     |                                        | ✓                          |                | ✓              |                      |                | ✓              |       |    |  | 察瓦龙     |
|      |                 |      | 滇桫欏   | ✓              |                                      |                     | ✓                                      | ✓                          |                | ✓              |                      |                | ✓              |       |    |  | 维西澜沧江边  |
| 紫葳科  | Bignonia-ceae   | 2 3  | 两头毛   | ✓              |                                      |                     |                                        | ✓                          |                | ✓              |                      |                | ✓              |       |    |  | (多年生草本) |
|      |                 |      | 薄皮木   |                |                                      |                     |                                        |                            |                | ✓              |                      |                | ✓              |       |    |  | 门工      |
| 忍冬科  | Caprifoli-aceae | 2 3  | 六道木   |                |                                      |                     | ✓                                      | ✓                          |                | ✓              |                      |                |                |       |    |  | 门工      |
|      |                 |      | 荚蒾    |                |                                      |                     |                                        | ✓                          |                | ✓              |                      |                |                |       |    |  | 门工      |
| 菊科   | Compositae      | 1 2  | 小叶帚菊  | ✓              |                                      |                     |                                        | ✓                          |                | ✓              |                      |                | ✓              |       |    |  | 阿登      |
|      |                 |      | 箭竹    | ✓              |                                      |                     | ✓                                      | ✓                          |                | ✓              |                      |                | ✓              |       |    |  | 广泛分布    |

| 科名  | 属种数 | 主要种名 | 宜珍稀 | 主要用途 |    |    | 乔灌常有 |   |   | 野栽较建 |    |   | 干暖河谷 |      |    | 产地举例 |
|-----|-----|------|-----|------|----|----|------|---|---|------|----|---|------|------|----|------|
|     |     |      |     | 建薪   | 医饲 | 工观 |      |   |   | 刺    | 速或 | 刺 | 热边与  | 江中部上 | 别耐 |      |
| 禾本科 | 78  | 水竹   | ✓   |      |    |    |      | ✓ |   | ✓    | ✓  | ✓ | ✓    | ✓    | ✓  | 特旱   |
|     |     | 刚竹   | ✓   | ✓    | ✓  |    | ✓    | ✓ |   | ✓    | ✓  | ✓ | ✓    | ✓    | ✓  | 黄山县  |
|     |     | 慈竹   | ✓   | ✓    | ✓  |    | ✓    | ✓ |   | ✓    | ✓  | ✓ | ✓    | ✓    | ✓  | 黄山县  |
|     |     | 须芒草  |     |      |    |    |      |   |   | ✓    |    |   | ✓    | ✓    | ✓  | (草本) |
|     |     | 黄茅   |     |      |    |    |      |   |   | ✓    |    |   | ✓    |      |    | (草本) |
|     |     | 芸香草  |     |      | ✓  |    | ✓    |   |   | ✓    |    |   | ✓    |      |    | (草本) |
|     |     | 茅叶荩草 |     |      |    |    |      |   |   | ✓    |    |   |      |      | ✓  | (草本) |
| 棕榈科 | 1   | 棕榈   |     | ✓    | ✓  |    | ✓    | ✓ | ✓ | ✓    | ✓  | ✓ | ✓    | ✓    | ✓  |      |

的有利条件得到更合理的利用。例如, 种植果树、竹子或其他经济植物和饲料植物。

4. 牲畜宜采用圈养方式(高山草地除外)。这有利于保护山坡水土和植物生长。

此外, 顺便提一下, 干旱河谷气候温暖, 蜜源植物丰富, 花期一般也比较长, 因此可以提倡多养蜜蜂。

通常认为, 植树造林应坚持以本地树种为主的方针<sup>(18)</sup>。横断山区干旱河谷, 虽然环境特别干旱, 植物稀少, 但多数还不属于极其干旱的不毛之地, 而仍然存在相当数量的植物, 因而宜实行以本地种为主的造林方针。例如云南松、侧柏、胡桃、梨、沙棘、牡荆、小角柱花等, 就是本地最优良的一些树种。可是, 还有必要积极引进一些适应本地环境而又很需要的优良树种, 例如前面例举的那些种类以及桉树、刺槐等<sup>(13, 19, 20)</sup>。

### 参 考 文 献

- (1) 中国植被编辑委员会编著, 1980, 中国植被, 科学出版社, 880—882。
- (2) 四川植被协作组编著, 1980, 四川植被, 四川人民出版社, 81—329。
- (3) 郑度等, 1979, 试论青藏高原的自然地带, 地理学报, 34 (1), 1—9。
- (4) 杨勤业等, 1983, 横断山地区综合自然区划, 青藏高原研究(一), 云南人民出版社。
- (5) 姜汉侨, 1980, 云南植被分布的特点及其地带规律性(续), 云南植物研究, 2 (2), 142—150。
- (6) 中国科学院中国植物志编辑委员会, 1980, 中国植物志, 科学出版社, 28, 156。
- (7) 中国科学院中国植物志编辑委员会, 1982, 中国植物志, 科学出版社, 65 (1), 25—208。
- (8) 中国科学院中国植物志编辑委员会, 1982, 中国植物志, 科学出版社, 48 (1), 1—88, 132—144。
- (9) 侯宽昭编, 吴德邦等修订, 1982, 中国种子植物科属辞典(修订版), 科学出版社, 26。
- (10) 云南植物研究所主编, 1977, 云南植物志, 科学出版社, 1。
- (11) 中国科学院四川分院农业生物研究所主编, 1962—63, 四川野生经济植物志, 四川人民出版社, 上下册。
- (12) 竹子研究汇刊编辑委员会, 1982, 竹子研究汇刊, 浙江省科学技术出版社, 1 (1), 1—9。
- (13) 四川省林业科学研究所林木培育室, 1973, 四川桉树种类及生长情况初步调查, 四川林业科技通讯, 3, 44—47。
- (14) 云南林业科学研究所, 1979, 云南林业科技通讯, 云南优良速生珍贵用材树种专辑, (2—3)。
- (15) 叶笃庄、方宗熙译, 1957, C.达尔文著《动物和植物在家养下的变异》, 科学出版社, 1, 1—9。
- (16) 孟光裕译, 1959, L.布尔班克著《如何培育植物为人类服务》, 科学出版社, 3, 195—219。
- (17) Schweinfurth, U., 1972. The eastern marches of High Asia and the river gorge country, Erdwiss. Forschg. Band III, 276—287。
- (18) Jonathan, W. Wright, 1976. Introduction to forest genetics, New York, Academic Pr., 359—397。
- (19) Eaul, R. N., 1970. Afforestation in arid zone, The Hague, W. Jo Junk N. V., II, 1—20。
- (20) Webb, D. B., 1974. The trial of exotic species in the semiarid zone of Iran, Univ. the Oxford, 7-21, 44—48。

### 图 版 26

1. 干旱河谷景观——云南德钦县溜通河至梅里石一带澜沧江河谷
2. 云南松 *Pinus yunnanensis* Franch. 枝叶果——德钦县奔子栏后山坡上
3. 侧柏 *Platycladus Orientalis* (Linn.) Franco 枝叶果——德钦县高峰公社阿东
4. 石榴 *Punica granatum* L. 枝叶果——西藏察隅县察-瓦龙区门工
5. 柑桔 *Citrus* sp. 枝叶果——奔子栏
6. 胡桃 *Juglans regia* L. 枝叶果——奔子栏

## 图版 27

1. 慈竹 *Sinocalamus affinis* (Rendl) McClure 茎枝叶——云南贡山县城
2. 刚竹 *Phyllostachys bambusoides* Sieb. et Zucc. 茎枝叶, 贡山县闪打至丙中洛怒江边
3. 小叶黄荆 *Vitex negundo* var. *microphylla* Hand.-Mazz. 茎枝叶及花序——察瓦龙松塔怒江边
4. 赤桉 *Eucalyptus camaldulensis* Dehnhardt 枝叶及幼果, 云南楚雄至下关途中
5. 尖叶木犀榄 *Olea cuspidata* Wall. 一丛——察瓦龙松塔

## 图版 28

1. 川滇蔷薇 *Rosa soulieana* Crep 枝叶果——察瓦龙格布至瓦布
  2. 华西小石积 *Osteomeles schwerinae* Schneid. 枝叶果——产地同1
  3. 川滇鼠李 *Rhamnus gilgiananophy* Heppl. 枝叶果——产地同1
  4. 白刺花 *Sophora viciifolia* Hance 枝叶果——产地同1
  5. 西南仙人掌 *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. 茎及果——产地同1—4
- 以上照片, 均属作者自己拍摄, 由朱培君同志洗印。

## THE ARID VALLEYS IN THE HENGDUAN MOUNTAIN REGION AND ITS TREES SPECIES OF THE AFFORESTATION

He Qi-guo

Institute of Botany, Academia Sinica

### Abstract

This paper gives a brief introduction to the woody species used in afforestation in the arid river valleys of the Hengduan Mountain Region.

The arid river valleys of the Hengduan Mountain Region are distributed mainly over the middle and upper reaches of the several large rivers namely, the Nujiang, the Lanchangjiang, the Jinshajiang, the Yalongjiang and so on, which are situated proximately  $25^{\circ} 45' - 32^{\circ}$  by long.  $98^{\circ} - 102^{\circ} 45' E$ . The Derong county situated in the centre of Sichuan province has an average annual precipitation only 341 mm. The altitude of the arid river valleys ranges generally from 1,500 to 3000 m a.s.l.

The arid river valleys are characterized by a series of features, such like sparse vegetation, intensive land exploration, the poor soil, a large number of shrub species, little annual precipitation and strong wind. Evidently, the status of vegetation there is determined mainly by the deficit of water.

There are about 60 families, 130 genera and 200 species of trees and shrubs in the arid river valleys of the Hengduan Mountain Region. The most important species are *Pinus yunnanensis*, *Platycladus orientalis*, *Juglans regia*,



*Quercus cocciferoides*, *Pyrus spp*, *Malus pumila*, *Rosa odorata*, *Robinia pseudoacacia*, *Citrus sp*, *Pistacia wenmennifolia*, *Camellia sinensis*, *Hippocraea rhamnoides*, *Punica granatum*, *Eucalyptus spp*, *Diospyros kaki*, *Ceratostigma minus*, *Vitex negundo* var. *microphylla*, *Phyllostachys spp*, *Sinocalamus affinis*, etc, It is suggested to introduce some species like *Bamboo*, *Ziziphus spp*, *Amorpha fruticosa*, *Camellia oleifera* in the arid and warm part of river valleys.

## 50. 若尔盖草场的土壤特征及其利用与改良

李 明 森

(中国科学院自然资源综合考察委员会)

地势高亢、自然生态环境独特的若尔盖高原是我国著名的沼泽地所在,也是四川省重要的天然牧场。本文仅从土壤发生特点、地理分布与利用改良等方面,对若尔盖各类天然草场的利用和有关土壤的评价问题作初步探讨。

### 一、土壤形成环境

若尔盖地区约处北纬 $32^{\circ}20'$ — $34^{\circ}10'$ ,东经 $102^{\circ}15'$ — $103^{\circ}50'$ ,面积约1600平方公里,行政上属于四川省阿坝藏族自治州的若尔盖与红原两县所辖。在地形上,若尔盖地区为青藏高原东部巴颜喀喇山北麓黄河源高地之一部,北迄川、甘两省交界处的郎木寺南一带山地,东及南则为岷山、邛崃山所围,是一个四周山地海拔近4000米,中间大部由海拔3400—3700米的低丘与宽谷湖盆相间组成的半封闭盆地式的浅切割丘状高原。源于南端山地的黑河与白河,顺依南高北低的地势由南向北流贯全区,入注于甘肃境内的黄河上游。该两河曲流发育,谷地宽广,最宽处达18公里,沿河有1—3级宽坦阶地。因地势低洼,排水不畅,部分阶地与河湖漫滩地上发育着大片沼泽地。

区内基岩露头较少,三叠纪砂岩及部分薄层灰岩等岩层之上,大多覆盖着较为深厚的第四纪沉积物,主要是冲积、洪积、湖积与残积等沙、砾与粘土,部分为黄土状物质。这些沉积物连同发育于其上的部分沼泽泥炭物质,乃是本区主要草场的成土母质。

本区气候冷湿,四季不明。年平均气温 $0.6^{\circ}$ — $1.2^{\circ}\text{C}$ ,7月平均气温 $10^{\circ}\text{C}$ 左右,1月平均气温 $-10^{\circ}\text{C}$ 左右,极端最低气温可达 $-33.7^{\circ}\text{C}$ , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $400^{\circ}$ — $900^{\circ}\text{C}$ ,无霜期短。年降水量700毫米左右,并有50%集中在5—8月,干湿季较明显。强度较小而频繁的降水,以及气温低和沼泽水域等下垫面的影响,使本区湿度较大,年平均相对湿度60—70%。

区内黑河与白河的径流量大而稳定,因地面平坦低洼和沉积物质较细粘,排水迟缓,第四纪松散沉积层内饱含水分,潜水位较高,并有部分地表积水。另如山麓洪积扇缘带溢出的泉水流量虽不大,但冬季(11月后)以冻结成固态冰形式,贮存至翌年3、4月暖季来临前,这部分融冰水额外增加了本区河川径流的补给,一定程度上也促成了沼泽的发育。受含钙岩层影响,潜水化学类型多属 $\text{HCO}_3-\text{Ca}$ 型,沼泽水的 $\text{pH} > 6.5$ ,呈中性或微碱性,但矿化度一般均小于1克/升属于淡水。

本区高寒潮湿的生态环境不利于乔木林生长,植被为耐寒的中生或湿生植物组成的草甸与沼泽等。草甸植被有属于山地垂直地带性质的亚高山草甸,或灌丛草甸和属于隐域性质的河谷草甸两种类型,它们的优势植物种为小嵩草*Cobresia* sp. 苔草*Carex* sp. 以及珠芽蓼*Polygonum viviparum*、银莲花*Anemone demissa*、香青*Anaphalis* sp.、龙胆*Genfiana* sp.、黄耆*Astragalus* sp. 等杂类草,伴生种有少量羊茅*Festuca ovina*、垂穗披碱草*Clinelymus sibiricus*、落草*Koeleria cristata*、早熟禾*Poa* sp. 等禾草,此外还常有高山绣

线菊 *Spiraea schneideriana* var *amphidoxa*、金腊梅 *Potentilla fruticosa*、与藏锦鸡儿 *Caragana tibetica* 等灌丛。但在河谷草甸中苔草属植物增多、灌木骤减，禾本科草相应增加并可成为草甸草原植被类型。低湿的沼泽与沼泽草甸的优势种主要为藏嵩草 *Cobresia tibetica*、木里苔草 *Carex meyerina*、睡菜 *Menyanthes trifoliata*、眼子菜 *Potamogeton* sp. 等，伴生种有金莲花 *Trollius farrei*、马先蒿 *Pedicularis oederi* var *sinensis*、驴蹄草 *Caltha scaposa*、毛茛 *Ranunculus pulehellus* 和少量早熟禾、羊茅等。其中藏嵩草与木里苔草组成的沼泽草甸分布较广，它们塔头草丘的微地形外貌成为若尔盖低位草本沼泽景观的重要特色。这三种不同类型的植被均拥有较多的优良牧草，是本区放牧利用的天然草场。

总之，若尔盖高原有着独特的地质地貌与生物气候环境，反映在现代自然地理过程，特别是成土过程中有其特殊之处。

## 二、草场土壤的发生类型与分布

跟植被类型相应，本区草场土壤的发生类型主要有亚高山草甸土（或灌丛草甸土），草甸土和沼泽土三种，它们的形成与分布均跟地形起伏与地下水位高低有密切联系。

### （一）亚高山草甸土

广布于区内海拔4000米以下的山丘与脱离地下水影响的高阶地上或洪积扇上，植被为亚高山草甸或灌丛草甸，是反映本区大气水热条件的自成型土类。其剖面特征是表层有10厘米左右厚的草本根系密集盘结成的毡状草皮，下为厚约15厘米左右的褐棕色土层。其有机质含量高（5-15%），但腐殖化作用较弱。后者显然是由于受低温与冻融活动影响所致。土体厚度一般在30—40厘米间，常从草皮层迅速过渡到半风化岩屑母质层，故质地多为轻至中壤，砾石含量较高。pH值约7左右，部分受黄土状母质影响，呈弱碱性反应。按土壤发育阶段及母质影响，该土类可划分为亚高山草甸土、残遗碳酸盐亚高山草甸土与原始亚高山草甸土三个亚类。后者系由古河道松沙质沉积物发育而成，质地轻，结持松散，草皮层薄，近期受过度放牧影响已有部分遭风蚀沙化。

### （二）草甸土

分布于稍受地下水影响的阶地与河湖漫滩地，植被为草甸。此类半水成型土壤表面无积水现象，土体湿润但土壤水分并不呈饱和状态，生草过程较旺盛，草根盘结的草皮层亦很显著，腐殖质层呈灰棕至黑褐色，有机质含量虽不甚高（5%左右），但腐殖化作用较强，肥力高于亚高山草甸土。其质地以粉砂壤至轻壤居多，剖面内含有一定数量的  $\text{CaCO}_3$ ，pH6.4—7.5，呈中性至微碱性反应。下层受地下水季节性或长期浸渍影响而出现锈斑潜育层与潜育现象。该土类可划分为草甸土、原始草甸土、脱沼泽草甸土与残余碳酸盐草甸土四个亚类。后者多见于白河流域黄土状物质组成的阶地上，剖面残留较多  $\text{CaCO}_3$ ，pH可达8.5，其草皮层发育较差，草甸植被中禾草成分增多，而为草原化草甸。脱沼泽草甸土则是近期地下水位降低引起脱沼泽化的结果，目前以生草成土过程为主，草皮层下常埋藏泥炭层（部分已干化）。在本区新构造上升运动与河流侵蚀下切作用下，沼泽普遍处于缓慢自然疏干过程，脱沼泽草甸土亚类正趋扩大之势。

### （三）沼泽土

发育于地表长期积水或季节性积水和地下水临近地表的宽谷与湖盆底部，以及因下伏地

形或地表小地形起伏造成的排水不畅的部分高阶地上，在山麓洪积扇缘溢水带也有分布，但以本区黑河与白河的中下游，特别是黑河流域最为集中。植被为沼泽草甸。该类水成型土壤的显著特征是地表呈不定形垅丘微地形，土体潮湿，有机质丰富（20—60%）。因嫌气环境不利于植物残体的分解，故积累了不同厚度的泥炭物质，厚者可达6米；而底土长期淹水缺氧，形成灰蓝或灰棕色潜育层。沼泽土几乎无石灰反应，pH 7 左右。按泥炭积累状况和腐殖化作用程度，本区以泥炭沼泽土亚类为主，但在临时或短期积水地段，因表层通气状况稍好，植物残体有一定的分解，形成有褐棕色的泥炭化腐殖质表层，其下才是泥炭层与潜育层。

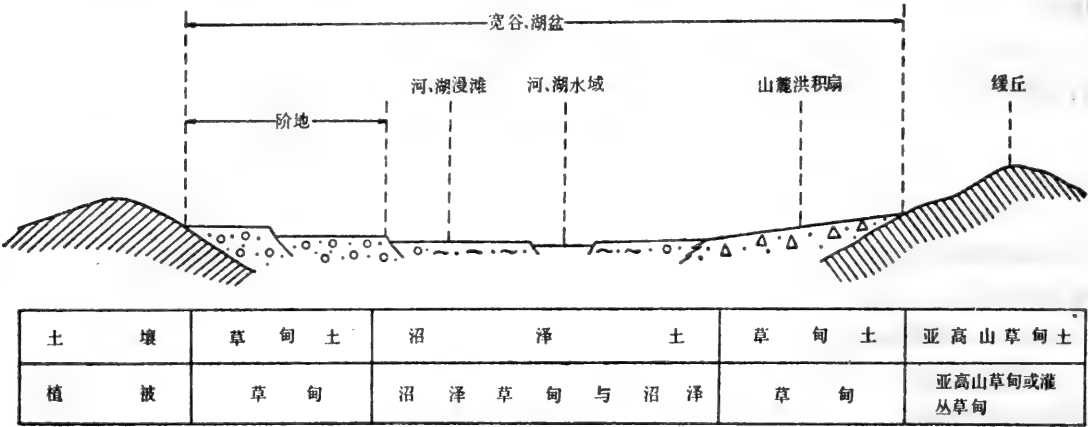


图 1 若尔盖高原的地形及其土壤、植被分布示意图

### 三、草场土壤的利用与改良

热量不足，限制了若尔盖地区种植业的发展，仅在海拔3500米以下的部分高亢朝阳的缓坡与排水良好的高阶地上，辟有少量耕地，种植甜菜与油菜等经济作物。较长的霜冻期与短促的生长季节导致青稞作物的产量低而不稳定，种植业发展潜力不大。若尔盖地区的高寒气候与丰美的草场资源，决定了它适宜于纯牧利用的牧业生产地域，畜种以耐寒的绵羊、牦牛为主，犏牛和马也有一定的比重。

如前所述，若尔盖各类土壤各有其相应的草被类型与牧草组成，在牧业生产利用的性能方面各有千秋。本区草场类型大体可分为低湿地沼泽草甸草场、河谷草甸草场与高寒草甸草场三大类。其中的河谷草甸草场因其草甸土壤较为肥沃深厚，湿润状况、排水条件与通透性能也较良好，所以不仅有利于莎草科的杂类草生长，也促使草甸植被群落中牲畜喜食的营养价值较高的若干禾本科草的数量增加，因此成为若尔盖地区较为优良的牧场。低湿地沼泽草甸草场因土壤潮湿，潜在肥力得不到发挥，虽有较高产草量，如藏嵩草、木里苔草与金莲花等牧草的营养价值也不低，但禾草成分少，草场质量稍逊于河谷草甸草场。至于高寒草甸草场，其土壤水分条件较适宜，但受冻融交替作用，物理风化强烈，土体瘠薄，潜在肥力的发挥也受到低温的抑制，这些土壤条件不利于有机质的积累过程，也影响到牧草成分和宜牧程度，因而在放牧利用上受到较大的限制。由此可见，若尔盖地区各类天然草场的宜牧性能，固然取决于草被类型及其牧草组成，但均跟土壤条件密切相关。这不仅反映在草场上与土壤两者在空间分异上的一致性，也表现在对不同的放牧方式和强度以及各种改良措施等人类活动影

响的反映与效果上。

例如, 过度放牧会使草场退化、优良牧草减少、毒草增加、产草量降低或使土表裸露以至沙化等等。然而在高寒草甸草场上, 因坡度较大与土壤粗骨性强的原因, 一旦过度放牧破坏了草被, 很易产生土壤侵蚀的后果, 并且较难恢复其草被。特别是区内一些由古河道沙质沉积物组成的剥蚀残丘, 其上亚高山草甸土的草皮层易遭牲畜啃食、践踏而被破坏, 致使裸露的土壤物质被风吹蚀形成流沙。这种沙化面积已由七十年代初期的1.7万亩, 扩展至今4.4万余亩, 目前虽对牧业生产无大损害, 但也急须进行防治。治理步骤和方法是: 首先禁止牲畜进入沙化区, 然后人工栽植当地牧草(禾本科为主)和部分高山柳、藏锦鸡儿等灌木以达到逐渐固定沙地, 促进土壤发育进程的效果。当然在目前这样较湿润的气候条件下, 也可采取封禁沙化区、让其缓慢地恢复自然草被的消极办法。总之, 对于高寒草甸草场, 特别是对容易沙化的沙质土壤上的草被的牧用强度必须注意严格控制。低湿地沼泽草甸草场的扩大及其草质的改善, 则有赖于沼泽土内多余水分的疏排工程措施, 只有这样, 才能改善土壤内的水气状况, 促进植物残体分解与泥炭物质的腐殖化过程, 土壤肥力与理化性质的改善有利于草场质量的提高。考虑到若尔盖的沼泽生态系统对于当地气候有一定的影响, 不宜进行大规模沼泽疏干工程, 可以选择部分湖盆宽谷内的高滩地或低阶地进行适当的疏排, 降低一些地下水位。至于河谷草甸草场不仅是当地合理利用与保护的重点, 也是可以通过改良获得显著效益的牧场。除了一般正常的合理轮牧, 控制放牧强度等制度外, 还可采取机械化垦殖, 栽植优良牧草, 施肥和打井灌溉等措施来改善牧草的质量和增加产草量。若尔盖县惹尔大坝的万亩草场所进行的这方面的成功试验表明, 对草甸土进行必要的耕种和科学管理, 会增加禾草成分, 使杂类草与狼毒之类毒草显著减少, 载畜量也明显提高。这种人工饲草基地提供的冬、春贮草量, 缓解了本区冬春草料紧缺的矛盾, 有力地促进了畜牧业生产的发展, 是今后草场建设的重要方面。所以, 地形宽坦、排水与土质较好的河谷草甸土地段, 正是建立人工饲草基地所应该选择的地方。

综上所述, 若尔盖高原主要草场类型的宜牧性能及其利用与改良, 均与土壤条件密切相关, 草被与土壤之间在发生特点与地理分布上有着规律性的联系。因此, 深入研究和阐明若尔盖高原各种不同类型和不同质量等级的草场的土壤特点, 无疑地能使我们更好地合理开发和保护该地域富饶的草场资源, 获得预期的目的和最大的生态经济效益。

### 参 考 文 献

柴 岫等, 1965年, 若尔盖高原的沼泽, 科学出版社。

## CHARACTERISTICS AND UTILIZATION OF THE GRASSLAND SOILS IN ZOIGE

Li Mingsen

Commission for Integrated Survey of Natural  
Resources, Academia Sinica

### Abstract

Zoige region of the northwestern Sichuan province is a highland in the upper Huang He River. It is a slightly dissected hilly plateau with an altitudes above 3400 m. a. s. l. where the climate is cold and humid, the

annual mean temperature is below 1°C and the annual precipitation is about 700 mm. In this region, the valleys of the Hei (black) River and Bai (white) River as well as some lake basins are broad with high ground water table. Extensive marshland and meadow can be found in the region which is thus known as one of the biggest marshes and an important pasture in our country.

The main soil types of natural grassland in Zoige are: subalpine meadow soil (automorphous soil) distributed on mountains and high terraces which reflected the regional hydrothermal condition, meadow soil (subhydromorphous soil) distributed on lower terraces and floodland where the influence of ground water is evident and bog soil (hydromorphous soil) developed at wet lowland. Corresponding with the above mentioned soil types are there three grassland types e. g.: subalpine meadow, valley meadow and lowland marsh meadow. The formation and distribution of the soil types and grassland types are closely related to relief and ground water table.

According to the genetic characteristics of soils, the valley meadow grassland is an important pasture and must be under protection. The good grass compositions and higher nutritive value are the result of suitable moisture, good fertility, suitable air permeability and adequate thermal regime in the meadow soil. Generally, the quality of grassland of this type can be improved by tith, fertilization, irrigation and sowing of good species of grass, etc. Further potential development of marsh meadow and a part of the marsh depends on establishing small-scale drainage engineering. when the subalpine meadow is used for pasturage, its scale should be limited by protection from soil erosion. For dune already formed as result of soil deterioration, deterrence of graze and sowing of grass are mandatory.

# 51. 四川省甘孜藏族自治州地热资源初步评价

张知非 廖志杰

(北京大学地质学系)

周长进 吴持政

(中国科学院自然资源综合考察委员会)

甘孜州位于青藏高原的东部。1982年夏,中国科学院青藏高原综合科学考察队地热专题组到此进行考察。

根据实地调查及前人资料<sup>①</sup>,甘孜州的地热活动强度并不次于青藏高原内部。据统计,全区共有水热活动区222处。详见表1。

所谓水热区指地下水热系统的地表天然显示地区,它不包括单纯靠钻孔等人工手段揭露出来的“水热区”,但包括根据泉华圈定的历史的水热活动区。

凡有温泉的地区才能统计为现行水热区,温泉的温度下限应该是明显地高于当地年平均气温。各地主要由于纬度和海拔之不同,年平均气温相差很大。甘孜州21个气象台的年平均气温由-1.6℃到15.4℃不等。另外,多少度算做明显高于当地年平均气温,不同的研究人员说法也不一致,由15°F、10°F到5°F不等<sup>[1]</sup>。为工作方便起见,一个地区选取一个适当的统一的温度下限为宜。我们给甘孜州的温泉温度下限定为15℃。

一个水热区的泉眼可能是“恒河沙数”,也可能是单泉孤悬。“凡是能判断属于同一水热系统,而又出露于同一地理单元,则不论其泉眼数量以及显示面积如何,都统计成一个水热区”<sup>[1]</sup>。在初勘阶段要判断在同一地理单元(例如同一河谷)的地热显示区是否属于同

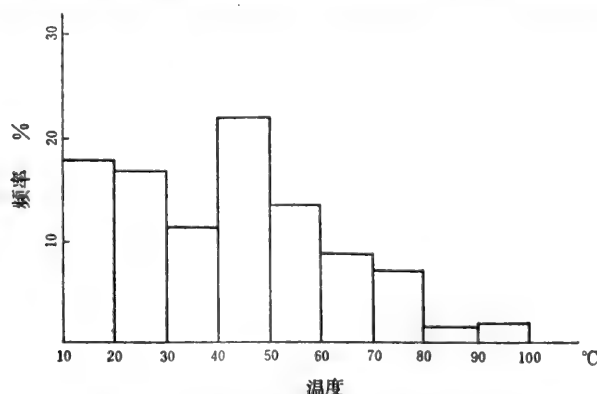


图1 甘孜州水热区温度分布频率直方图

① 宝兴—康定幅、蒙经—贡嘎幅1/50万区域水文地质调查报告,石渠幅、甘孜幅、理塘幅1/50万的区域水文地质调查报告的送审稿,以及上述报告的原始资料

表1 四川省甘孜州地区水热区统计表

| 序<br>号 | 县 名 | 水 热 区 分 类 (有 温 度 数 据 的<br>代 表 该 区 所 测 到 的 最 高 温 度) |                      |                       |                       |          |     | 各 县<br>小 计 | 各 县 的<br>水 热 区<br>数 占 全<br>州 的 % |
|--------|-----|----------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------|-----|------------|----------------------------------|
|        |     | 达到或<br>超过当地<br>沸点                                  | 沸点以<br>下, 45℃<br>以上的 | 45℃以<br>下, 35℃<br>以上的 | 35℃以<br>下, 15℃<br>以上的 | 无资<br>料点 | 古泉华 |            |                                  |
| 1      | 石渠  | 0                                                  | 1                    | 0                     | 1                     | 0        | 0   | 2          | 0.90                             |
| 2      | 色达  | 0                                                  | 0                    | 0                     | 0                     | 0        | 0   | 0          | 0                                |
| 3      | 德格  | 0                                                  | 9                    | 6                     | 6                     | 0        | 0   | 21         | 9.46                             |
| 4      | 甘孜  | 1                                                  | 0                    | 4                     | 3                     | 0        | 0   | 8          | 3.60                             |
| 5      | 白玉  | 0                                                  | 5                    | 1                     | 9                     | 0        | 0   | 15         | 6.76                             |
| 6      | 新龙  | 0                                                  | 3                    | 3                     | 7                     | 0        | 0   | 13         | 5.86                             |
| 7      | 炉霍  | 0                                                  | 0                    | 2                     | 8                     | 0        | 0   | 10         | 4.50                             |
| 8      | 道孚  | 0                                                  | 8                    | 0                     | 11                    | 0        | 3   | 22         | 9.90                             |
| 9      | 丹巴  | 0                                                  | 1                    | 1                     | 6                     | 0        | 0   | 8          | 3.60                             |
| 10     | 巴塘  | 3                                                  | 7                    | 5                     | 3                     | 1        | 0   | 19         | 8.56                             |
| 11     | 理塘  | 1                                                  | 28                   | 8                     | 6                     | 0        | 0   | 43         | 19.37                            |
| 12     | 雅江  | 0                                                  | 2                    | 1                     | 3                     | 1        | 0   | 7          | 3.15                             |
| 13     | 康定  | 0                                                  | 9                    | 3                     | 9                     | 0        | 2   | 23         | 10.36                            |
| 14     | 泸定  | 0                                                  | 3                    | 1                     | 2                     | 0        | 0   | 6          | 2.70                             |
| 15     | 得荣  | 0                                                  | 0                    | 1                     | 0                     | 0        | 0   | 1          | 0.45                             |
| 16     | 乡城  | 0                                                  | 5                    | 3                     | 5                     | 0        | 0   | 13         | 5.85                             |
| 17     | 稻城  | 0                                                  | 1                    | 0                     | 0                     | 5        | 0   | 6          | 2.70                             |
| 18     | 九龙  | 0                                                  | 2                    | 1                     | 2                     | 0        | 0   | 5          | 2.25                             |
|        | 共计  | 5                                                  | 84                   | 40                    | 81                    | 7        | 5   | 222        |                                  |

一水热系统颇为困难。为此补充规定：在初勘阶段，凡相距在1公里之内的泉眼都划在一个水热区之内。

水热区按泉口温度分为4级。以地球年平均最高气温35℃、人体可以忍受的最高温度45℃和当地沸点为界，分成低温温泉区、温泉区、热泉区和沸泉区。按此标准，甘孜州有低温温泉区81处，占有温度数据的水热区总数的38.5%；温泉区40处，占19%；热泉区84处，占40%；沸泉区5处，占2.38%。

按10℃为一个组段统计，则可以得到温度分布频率直方图（图1）。由图中可以明显看出：频率最高的温度段是40°—50℃，这种情况与全日本温泉统计的结果<sup>〔2〕</sup>一样，是代表某种共同的背景还是纯属偶然，有待进一步研究。



## 二

甘孜州的222处水热区分布并不均匀，在州内18个县中，主要分布于德格、道孚、巴塘、理塘和康定五县，占水热区总数的57%强。

从地质角度考虑，水热区的分布明显地受地质构造的控制。

甘孜州地区在成为青藏高原的一部分之前，经历过复杂的地质史。西侧的金沙江断裂带是二叠—三叠纪的消减带，断裂带的东侧是著名的古岛弧带——义敦弧，再东为弧后盆地，其中堆积了巨厚的冒地槽型沉积（西康群），两个沉积区的边界是甘孜——理塘断裂带。

当印度大陆与欧亚大陆相撞之后，青藏高原逐渐形成，在印度陆壳向北冲撞过程中，青藏高原东部主应力主要表现为东西向的拉张，所以一些巨型的断裂——鲜水河断裂、甘孜——理塘断裂都具有左行平移的性质。

甘孜州的水热区的分布主要受这些断裂带的控制，而且它们往往出现在断裂带的拐弯处，那里的应力最为集中，岩层最为破碎，为地热流体的上升提供了良好的条件。

沿着鲜水河断裂共40多个水热区，其中12个集中于康定附近。在这里鲜水河断裂由北西向转为近南北向，在断裂带拐弯处的地层由于动力变质而形成“片麻岩”。榆林宫地热田的热流体可能是顺着“片麻岩”破碎带溢出的。

甘孜—理塘断裂是发育在古生界、三叠系和印支花岗岩中的断裂，全长500余公里，宽10—25公里，由5条陡立的主干断裂带组成，总体呈反“S”形，在甘孜、理塘附近分别出现向东北和向西南突出的弧，在转折点附近，横断裂发育，应力集中，岩层破碎，并形成了新生代断陷盆地，同时新生界也受到错断。甘孜、理塘附近的高温水热区分别位于这两个转折点附近。

金沙江断裂带是一条古消减带，沿着它有海西、印支、燕山甚至喜山期<sup>[3]</sup>的岩浆活动，并分布有超基性岩、基性岩和混杂岩。该断裂带由几条大断裂组成，宽度可达50公里。断裂带在义敦以北为北北西向，以南为南北向，因此在义敦形成一略向东突出的弧形，茶洛间歇泉区恰好位于弧顶附近。

## 三

甘孜州某些较大的水热区正好在几个重要城镇附近，使那里的地热资源具有更现实的开发、利用的可能性。在对全部222个水热区做出全面评价之前，本文将对下列三个重要的水热区做出初步评价。

### （一）康定县榆林宫热田

榆林宫热田位于康定城南榆林沟中，其中最大的一个显示区——灌顶离城约14公里。该热田共11个显示区，灌顶之南1个，其北有四个，呈南北向顺榆林沟分布，绵延约3.3公里。各显示区之间距最小150米，最大600米，都小于1公里。显示区标高在2950—3040米之间，所对应的水的沸点应在90.5℃—91℃之间。本组在11个显示区的实测温度在54°—87.5℃之间，皆属热泉范畴。据县地震办公室记载，用酒精温度计曾测到94℃，在灌顶有过喷泉，喷泉曾达到1.5米，后又有每隔半分钟一次的间歇喷发活动。看来在历史上可能有过沸泉。我们测得的最高温度为87.5℃，出露于喇嘛河坝显示区南侧的一个冒汽洞内。

本热田的热水化学类型属 $\text{HCO}_3-\text{Cl}-\text{Na}$ 型水。 $\text{Cl}^-$ 的含量在 $186\sim 359$ 毫克 $\text{升}^{-1}$ 之间,这样高的 $\text{Cl}^-$ 含量在甘孜州是独一无二的。按穿过热田的榆林沟上、下游河水 $\text{Cl}^-$ 的浓度差来估算天然放热量应不小于 $4000$ 千卡 $\text{秒}^{-1}$ 。

按地球化学温标估算其热储温度在 $150^\circ\text{C}$ 以上(据12个样品的 $\text{SiO}_2$ 温标温度在 $135^\circ\sim 169^\circ\text{C}$ 之间,8个在 $150^\circ\text{C}$ 以上),最高可能达到 $246^\circ\text{C}$ (依地质局资料计算出的 $\text{Na/K}$ 温标温度)。热储平均温度估计为 $200^\circ\text{C}$ ,本热田应属于高温热田。

该热田沿鲜水河断裂带出露,断裂西侧为“片麻岩”,东侧为“灯影灰岩”及陡山沱组,热田是否有层状热储尚待讨论,目前可以估计为沿断裂发育的脉状热储。估计热储长4公里,宽为1公里,底面埋深以3公里为限,顶部埋深估计为1公里,其体积为8立方公里。按体积法<sup>[4]</sup>估算本热田的可及地热资源底数为 $912\times 10^{12}$ 千卡,假设回收率为25%,则可采出的热能为 $228\times 10^{12}$ 千卡,大约相当于3千多万吨标准煤。

康定城附近水能资源丰富,已建的水电站的发电容量4200千瓦,在建的为6000千瓦( $3000\times 2$ ),不久将拥有上万千瓦的发电容量,并可实现“以电代柴”。因此在康定搞地热发电会使人有锦上添花之感,但直接利用地热则大有可为。如在康定毛纺厂附近勘探,倘能采到 $100^\circ\sim 150^\circ\text{C}$ 的热流体,用于采暖和毛纺工艺过程会收到较好的效益。试采、试用一个较长时期,并在经济上进行论证后,向康定城内供热也是可以考虑的。

## (二) 甘孜热田

甘孜热田的各种地热显示现象沿雅砻江北西—南东向展布。海拔3320—3360米,对应的沸点在 $89.2^\circ\text{C}$ 左右。热田划分出8个显示区:第1个显示区位于烈士墓之西南,是一个温泉区,已建澡堂,池底水温近 $40^\circ\text{C}$ 。第2个显示区位于烈士墓东南 $150^\circ$ 方向1.2公里处。温泉出露于雅砻江的河滩上,水温 $51^\circ\text{C}$ 。据访问得知第1、第2两区之间的I级阶地后缘渗出低温泉,冬天不封冻,吸引黄鸭等水禽至此觅食。第3显示区位于干因郭小山西雅砻江的河心滩上,仅在枯水期出露,今年3月委托县地震办公室测到的水温为 $47^\circ\text{C}$ 。第4显示区位于干因郭小山西南角下,去年汛期观测时仅 $32^\circ\text{C}$ ,今年3月竟高达 $90^\circ\text{C}$ ,超过当地沸点。第5个显示区即早已闻名的干因郭“汽泉”,它实为冒汽地面,位于干因郭小山东南角,去年槽探,槽底北端已成一小的沸泥坑, $92^\circ\text{C}$ ,有近 $3^\circ\text{C}$ 的过热度。小山下有热泉,去年测得 $69^\circ\text{C}$ ,后被洪水淹没,今年3月测为 $30^\circ\text{C}$ ,尚未恢复到去年状态。在第4、5区之间,沿河滩尚有成串的低温温泉出露,水温 $15^\circ\sim 30^\circ\text{C}$ 。第6、7、8三个显示区均位于雅砻江南岸,泉水温度分别为 $52^\circ\text{C}$ 、 $47^\circ\text{C}$ 、 $37^\circ\text{C}$ ,似乎有向东南递减之势。

除了各种水热活动之外,还有大片的水热蚀变和泉华、硫华的沉积。水热蚀变地区集中分布在干因郭小山和隔江相望的尼路村附近的半山坡。被蚀变的地层为半胶结的更新世冲积层,其中的各种花岗岩质的砾石,遭酸性蚀变而发生高岭土化,已“有形无实”。在近地表处砂砾的空隙间沉积有石膏等蚀变矿物。在蚀变带的裂隙中沉积有天然硫。四川省地质局甘孜地质队曾进行过勘探,估计硫磺矿体长120—140米,含硫品位高达40.43—45.07%,总储量8424吨。此处总貌与羊八井的硫磺矿颇相似,它反映了酸性气相热流体上升到近地表处与冷地下水作用,形成硫酸等酸性稀溶液,遂产生上述的蚀变带。干因郭小山之北为一古河道,历史上雅砻江很可能自小山北侧流过;干因郭小山顶面与对岸的三级阶地面遥相对应,过去可能联成一体,遭受同类型的水热蚀变。后雅砻江改道,逐步下切,使蚀变带分割成南北两区,暴露于地表之上。据此,水热蚀变带的长度可跨江计算,达1公里以上,其活动历史有可能追溯到更新世晚期以前。

甘孜热田还有钙质泉华堆积, 未见大型泉华体, 但常见大片的泉胶砾石层, 如第7、8显示区之间以及第1显示区北侧, 可以反映历史上水热活动范围比现在的活动区域广。

据上述强烈的地表显示现象, 估计这个热田的地下温度可能相当高。去年00931部队在第1显示区内曾钻一孔, 孔深仅120米, 孔底温度(用最高温度计测量)达 $116^{\circ}\text{C}$ , 无疑这是现阶段揭示甘孜热田的最重要最直接的温度数据。值得注意的是该孔90米深处为 $113^{\circ}\text{C}$ , 与孔底相比, 30米之内增了 $3^{\circ}\text{C}$ , 温度梯度相当高, 暗示地下温度更高。据该孔水样的化学分析结果(00931部队分析), 计算Na/K温标温度达 $202^{\circ}\text{C}$ 。据此比较有把握地判断甘孜热田为一个大于 $150^{\circ}\text{C}$ 的高温热水型地热田。

甘孜热田位于马尼干戈—甘孜—理塘大断裂带由北西向转向南北的转折处。甘孜附近发育着北西 $300^{\circ}$ 的三条断裂, 形成断陷河谷。河谷中第四系的厚度不大, 据00931部队3个钻孔揭露仅40—110米, 不可能形成良好的浅层层状热储。前述8个显示区排成一直线, 走向北西 $300^{\circ}$ — $310^{\circ}$ , 与断裂带的走向一致。甘孜热田的热储可能是沿着一条隐伏的陡倾的断裂发育的裂隙脉状含水层。前述钻孔的自流量为:  $1.8\text{升秒}^{-1}$ , 日产热水仅155.62立方米, 流量不大, 说明渗透性差, 钻孔并未钻入断裂带内。

按8个显示区分布的长度估计热储长度为8.5公里, 宽1公里, 底面埋深以3公里为限, 顶面埋深1公里, 热储体积17立方公里。甘孜热田的可及地热资源底数应为 $1938 \times 10^{12}$ 千卡, 假设回采率为25%, 可采热能为 $484.5 \times 10^{12}$ 千卡。折合成标准煤约为 $69.2 \times 10^6$ 吨, 近7千万吨。

甘孜县是最突出的能源不足县份之一。现有小型水电站的总装机容量不足700千瓦。为了及时宰杀牲畜, 储存畜产品, 拟在甘孜建冷库, 但没电, 还需先建一个400千瓦的小水电站。另外, 甘孜属高寒地区, 每年采暖期长达半年多, 国家每年支付十多万元的采暖费, 而县内又没有森林, 薪炭必须由邻县购入, 为此还要支出相当的人力和运力。

面对甘孜县能源严重不足, 当地丰富的地热资源可能大有用武之地。如果开发当地水电比地热发电更经济的话, 地热资源可以在热能的直接利用方面发挥其优势。可用于采暖和制冷。二者年负荷的变化具有互补性质, 如果同时采用经济效果更好。

总之, 初步肯定甘孜拥有丰富的地热资源的情况下, 在考虑甘孜县以及依靠甘孜县支援的石渠、色达、德格、新龙、白玉几县的发展规划时, 应积极地考虑如何利用甘孜的地热资源。

### (三) 理塘盆地的地热资源

理塘盆地是沿着一段无量河谷发育的一个第四纪断陷盆地, 大体呈长三角形, 理塘县城附近最宽约9公里, 长约28公里, 盆地中心部位海拔约3980米, 对应的沸点为 $87.3^{\circ}\text{C}$ 。盆地的西半部和无量河河谷及支沟中有11处水热显示区。

盆地南缘冒盒山下有4处显示区, 大体呈北西南东向排列, 它们出露于两个大洪积扇上。这4处的最高泉口温度分别为 $56^{\circ}\text{C}$ 、 $77^{\circ}\text{C}$ 、 $83^{\circ}\text{C}$ 、 $42^{\circ}\text{C}$ 。盆地西端哲擦热泉最高泉口水温 $50^{\circ}\text{C}$ 。无量河的河谷地段, 229道班的热泉泉口温度 $42^{\circ}\text{C}$ , 220道班热泉 $58^{\circ}\text{C}$ , 217里程碑处的热泉 $46.5^{\circ}\text{C}$ 。无量河北侧支沟曲开隆洼沟内有两处显示区, 在4316高地下面的是沸泉,  $86.5^{\circ}\text{C}$ , 刚好达到当地沸点。另一处泉口最高温度 $80^{\circ}\text{C}$ 。最靠近县城的是毛垭热泉, 距县城约5公里, 泉口最高水温 $54^{\circ}\text{C}$ 。上述显示区相距一般较远, 是否属于同一个水热系统, 尚难判断。

但是, 值得注意的是这些显示区可以无量河为界划分为两个类型。河南侧的6处, 泉水

中 $\text{Cl}^-$ 的含量均很低,为 $2.80-6.32$ 毫克 $\cdot$ 升 $^{-1}$ 。相反河北的5处泉水 $\text{Cl}^-$ 的含量较高,为 $35.1-66.7$ 毫克 $\cdot$ 升 $^{-1}$ ,并与温度大体呈正相关关系。河北的5处都直接出露于三叠系中,而河南的几处都出自于洪积、冲积物中。盆地基底都是三叠系,为砂岩板岩互层夹火山岩,两方面泉水出口温度水平大体一致,本应含有相同的 $\text{Cl}^-$ ,河南的含 $\text{Cl}^-$ 量低可以推想由近地表冷水稀释效应,但耶姆擦水温却高达 $83^\circ\text{C}$ ,难用稀释说来解释,如果用地下蒸汽加热较浅的热储的模型来解释,也许更合理一些。如果这样的解释能成立的话,盆地南缘的地下也许有蒸汽存在。盆地北缘的毛垭热泉的 $\text{SiO}_2$ 温标温度 $121^\circ\text{C}$ ,  $\text{Na/K}$ 温度 $158^\circ\text{C}$ ,说明北缘可能有高温热水,220道班热泉的 $\text{Na/K}$ 温标温度为 $190^\circ\text{C}$ ,4316高地沸泉的 $\text{Na/K}$ 温标温度为 $255^\circ\text{C}$ 。据上述种种推测理塘盆地可能有高温地热资源。

毛垭热泉附近发育了大型钙质泉华体,部分被最老的Ⅲ级阶地掩埋,也有部分被Ⅱ级阶地掩埋,直到现在仍在不断生长,这表明水热活动的历史很长,可能自更新世早期起一直持续至今。

据00931部队的电法勘探,盆地内第四系的厚度最厚达300米,由湖相亚砂——亚粘土沉积层组成。下伏地层为三叠系,盆地南、北边缘有断层。电测结果与土壤汞测量结果都很难证明盆地之下有一统一的热储,这里的热储可能是沿盆地边缘断裂发育的脉状裂隙含水层。这样,只能分片估算可及地热资源底数。从实用角度看,只有毛垭热泉及盆地南缘的水热区应做出估算。热储平均温度估计为 $150^\circ\text{C}$ ,按体积法估算毛垭热泉区的可及地热资源底数为 $264.6 \times 10^{12}$ 千卡,可采出的热能为 $66.15 \times 10^{12}$ 千卡,折合标准煤 $9.45 \times 10^6$ 吨,近一千万吨。盆地南缘的4个显示区可以做为一个水热系统估算,可及地热资源底数 $672 \times 10^{12}$ 千卡,可采热能 $168 \times 10^{12}$ 千卡,折合标准煤约为 $24 \times 10^6$ 吨,约两千多万吨。

理塘县是一个缺电的县,现在只有两台柴油发电机组,发电容量共280千瓦。但因高原空气稀薄,机组出力只有130—150千瓦。年消耗油量50吨,价值33000元,每度电成本0.45元,每年亏损30000元,以财政亏损报销。该县地处高寒区,采暖期每年8.5个月,每年支付采暖费351900元,加上发电亏损总共38万多元。此外每年烧炭毁林几十亩<sup>①</sup>。这样长期应付下去莫如投资开发当地能源解决当地供电和供暖问题。当地有无量河的水能资源,曾考虑在县城东南14公里无量河的峡谷地段建水电站,装机容量1200千瓦,投资400万元,省、县各半。后因县内资金太少,被“调整下马”。据了解即使有资金,还存在冬季枯水季节水量不足,水渠结冰,水轮气蚀等问题。如开发地热资源,即使初投资较大,每千瓦投资可能高于水电,但在发电的同时还获取足够的余热满足采暖或冷库制冷的能量需求,综合利用也许较为经济,这些都有待进一步论证。

甘孜州的地热资源的评价工作仍在继续,但资源与负荷处在同一个地点的首推上述三地区,它们又恰好是州内三个重要城镇,因此今后的评价工作仍应以这三个地区为重点深入进行,以便促进合理开发这里的地热能源。

## 参 考 文 献

- (1) 佟伟、章铭陶等,1981,西藏地热,科学出版社。
- (2) Uzumasa, Y., 1968, Chemical Investigations of Hot Springs in Japan.
- (3) 何京生等,四川省地下热水点的分布与挽近构造体系间的关系,水文地质工程地质,1982(6),17。

① 以上资料由理塘县科委提供

- (4) White, D. E. and Williams, D. L., 1975, Assessment of Geothermal Resource of The United States, Geol. Surv. Circ. 726.

**PRELIMINARY ASSESSMENT OF GEOTHERMAL RESOURCES  
OF THE GANZI ZANG NATIONALITY AUTONOMOUS  
PREFECTURE, SICHUAN PROVINCE**

Zhang Zhifei                      Liao Zhijie

Geology Department, Peking University

Zhou Changjin                      Wu Chizheng

Integrated Survey Commission of Natural Resources, Academia Sinica

**Abstract**

It is well known that the south part of Qinghai-Xizang Plateau is rich in geothermal resources. Ganzi Zang Nationality Autonomous Prefecture is located at the eastern part of Qinghai-Xizang Plateau where the geothermal resources are by no means inferior to south Xizang. According to the observations made by the authors and others, 222 hydrothermal areas are scattered in Ganzi Prefecture. Nearly half of them belongs to the hot springs with maximum surface temperatures between 45°C and local boiling point. Boiling springs and geysers are restricted to limited locations. The distribution of the hydrothermal areas is under the control of the fractures. Some large geothermal systems exist in Ganzi Prefecture and constitute a major energy resource. of particular interest are three known systems of Yulingong, Ganzi and Maoya which have enough thermal resource bases and are near load centre. Their accessible geothermal resource bases estimated by volume method are  $912 \times 10^{12}$  kcal,  $1938 \times 10^{12}$  kcal and  $255 \times 10^{12}$  kcal, respectively. The authors put forward some suggestions for exploitation and utilization of geothermal energy in the above-mentioned areas.

## 52. 川西甘孜拖坝盆地和理塘毛垭坝盆地, 两水热区 土壤汞异常的初步研究<sup>①</sup>

吴 持 政

(中国科学院自然资源综合考察委员会)

### 一、引 言

土壤中较高的汞含量与地热流体的联系问题, 通过Matlick和Buseck(1975)<sup>(1)</sup>及Capuano和Bamford(1978)等人的研究, 已作为一种地热勘探与资源普查技术为研究者所采用。通常认为, 在有地热流体活动的地区, 地下温度很高, 增强了汞的挥发性, 从而具有高度的渗透能力, 可穿过岩层达到地表, 并在近地表较低的环境温度下被土壤颗粒吸附, 土壤中所含的有机质等可进一步使被吸附的汞元素转化为有机汞, 并变为稳定的化合物而固定下来, 汞在土壤中不断富集, 形成土壤中汞含量与地热流体相关的正异常分布格局。可是, 土壤中汞含量除与地热现象有关联外, 还受众多因素的控制, 如上述土壤中有机质的含量、土壤或冲积层在地热区的发育程度、热水含水层上复岩层的渗透性及诸如土壤的开发程度、粘土含量、酸碱度和作物栽培的干涉作用等等<sup>(2)</sup>, 对汞的异常值均有影响。所以, 只有在排除上述干扰因素(当然可能存在某些尚未被发现的干扰因素)的情形下, 才能更好地反映汞异常与地热活动的关系, 以便为地热资源普查与勘探工作提供更加准确的信息。

### 二、土壤样品的采集及汞含量的测定

#### 1. 采样区的基本地热地质特征

甘孜县拖坝地热区: 出露地层为三叠系中上统的泥板岩。它位于赠科—稻城反“S”型构造的转折部位。由于这一地区构造应力集中, 使地层发生断裂陷落, 发育成一个大型的断陷盆地, 沿雅砻江河谷展布, 南东—北西向长15公里, 北东—南西向宽3—4公里。温泉、热泉和喷汽孔散布其中。沿雅砻江北侧自甘孜城南骑兵营澡堂至盆地东南端的鄂萨村, 发育着一条带状钙质致密胶结的河床相砾石层, 尤其在干因郭和鄂萨附近, 胶结的砾石受到强烈的水热蚀变, 泥板岩呈灰黑色粉末状, 花岗岩中的钾长石已全部变成高岭土。另外, 干因廓水热区内, 还有一个硫磺矿, 储量达800吨, 也可能是水热活动的结果。因此, 这个地区在历史上和现在都应该是一个较强烈的水热活动区。1982年9月, 中国人民解放军00931部队在盆地西北部的澡堂附近打了一口湿蒸汽井, 井下温度大于110℃。

理塘县毛垭坝盆地地热区: 出露地层为三叠纪的砂岩、板岩、千枚岩夹泥灰岩、灰岩、砾岩和基性—中酸性火山岩和二叠纪的绿片岩、片岩、千枚岩夹灰岩或结晶灰岩。构造上也

<sup>①</sup> 北京大学地质学系张知非、廖志杰老师和中国科学院综考会章铭陶老师对这项工作始终给予及时的指导和帮助, 地质矿产部物探所朱炳球等同志为我们测定了土壤汞含量, 谨此深表感谢。这里还特别感谢野外考察中地热专题组其他同志的热情帮助以及综考会土壤分析室、计算机组的许多同志对我们的工作所给予的支持

属断陷盆地类型,为上述赠科—稻城反“S”型构造的另一转折部位。构造性质上与甘孜拖坝盆地类似。毛垭坝断陷盆地沿无量河河谷展布。盆地被马尼干戈—理塘—康乌断层带的中南段理塘—德巫断层穿过。断层切割了上古生代至中生代不同时期的地层,并有各种岩浆岩侵入及多期火山喷溢,沿断层带有明显的破碎带和糜棱岩化现象。毛垭坝也有较强的地热地表显示,温泉、热泉成带状分布<sup>(3)</sup>。

## 2. 样品的采集及室内处理分析

在选定的采样点,由地表向下挖20厘米左右深的小坑,取出坑底的土壤50—100克装入小塑料口袋里,用胶布密封袋口,存放于阴凉处,整个采样区工作完毕后装箱待运。

样品运回室内后,先在室内晾干,再用木条轻轻敲击,使均匀的土块破碎,然后过筛。先过20目筛,粒径<20目的土壤1/2作测有机质含量用,1/2再过100目筛,粒径<100目的部分随即装入干净的小玻璃瓶内,加盖橡皮塞密封,送测微汞含量。在上述预处理过程中,对土壤样品的颜色、主要成分、有机物质的含量作进一步描述。

土壤汞含量的测试,采用北京地质仪器厂生产的XG-3测汞仪。这是一种利用金汞齐化技术和原子吸收光谱技术相结合的分析方法,分析速度快,抗干扰能力较强。土壤汞检出极限 $\leq 0.01\text{ng}$ 汞,灵敏度 $\leq 0.1\text{ng}$ 汞,精确度(标准偏差系数) $s \leq 5\%$  ( $s = \delta/x \times 100\%$ , 其中

$$\delta = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n-1)}, \quad \bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i / n$$

实际测试过程中,分析结果好坏是用样品测定结果的复现率来表示的,复现率  $R = \left[ 1 - \frac{2(x_A - x_B)}{x_A + x_B} \right] \times 100\%$ , 其中  $x_A$ 、 $x_B$  分别表示同一样品的两次测定结果。这次样品的汞含量测试中,  $R$  值控制在  $100 \pm 10\%$  以内。

## 三、结果与讨论

下面依据分析结果对两个采样区分别加以讨论。

### 1. 甘孜县拖坝地热区

拖坝盆地的汞量分析结果见图1。汞量高值区 ( $>200\text{ppb}$ ) 有两个,一个是盆地东南干因郭,一个在盆地西北角嘎拉附近的雅砻江三级阶地上。由高值分布的形状看,高值带向两个方向延伸,一个是北西  $315^\circ$ ,另一个方向与之正交,即北东  $45^\circ$ 。这可解释为有北西和北东向的两组交叉断裂穿过盆地。事实上,根据地质构造及地热地表显示来看,北西向的深大断裂沿雅砻江分布,在干因郭硫磺矿对岸的三叠系上统泥板岩中,又见有小的右行平移断层,其产状为北东  $75^\circ$  南东  $73^\circ$ ,断带宽25—30米。而硫磺矿恰在两断层交叉部位。另外,在盆地北西角的汞量高异常区,也可能有一组北西向次级断层通过,从野外踏勘的结果看,甘孜县城西南雅砻江边公路急弯处的断层崖,和隔江的澡堂附近的断层崖以及江北的澡堂出露的一片温泉,都可能成为这组次级断层的地表特征。

拖坝盆地土壤汞含量范围为8—308ppb,澡堂附近含量范围则为100—150ppb之间,如果将与地热流体活动有关的汞异常下限定为100ppb(中国人民解放军00931部队在澡堂附近打出的一口湿蒸汽井即在100ppb等值线圈定的范围内),那么它所圈定的异常区范围将是很大的。

通过以上分析可以推论:(1)微汞测量证实存在穿越整个盆地的北西向深大断裂带;(2)盆地中的地热异常与地热流体在深大断裂中的深循环有关。北西向和北



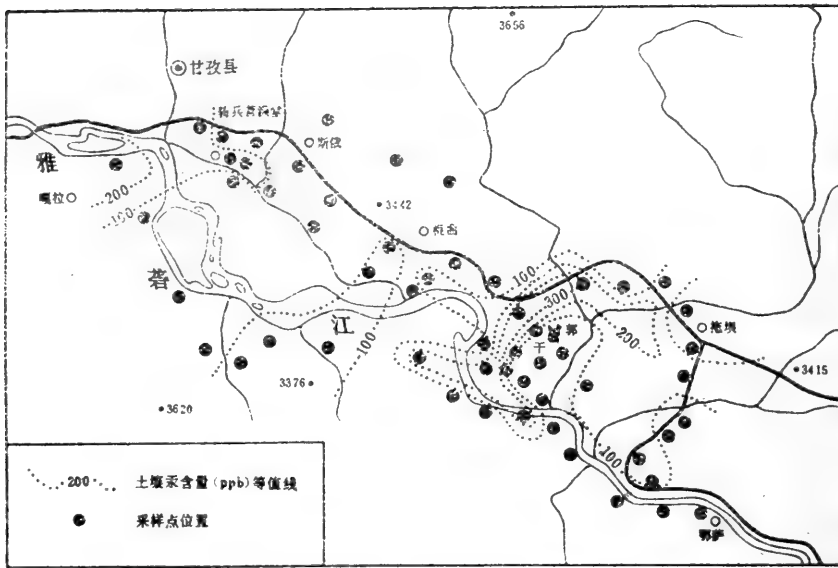


图1 甘孜拖坝盆地土壤汞分布图 (1:111000)

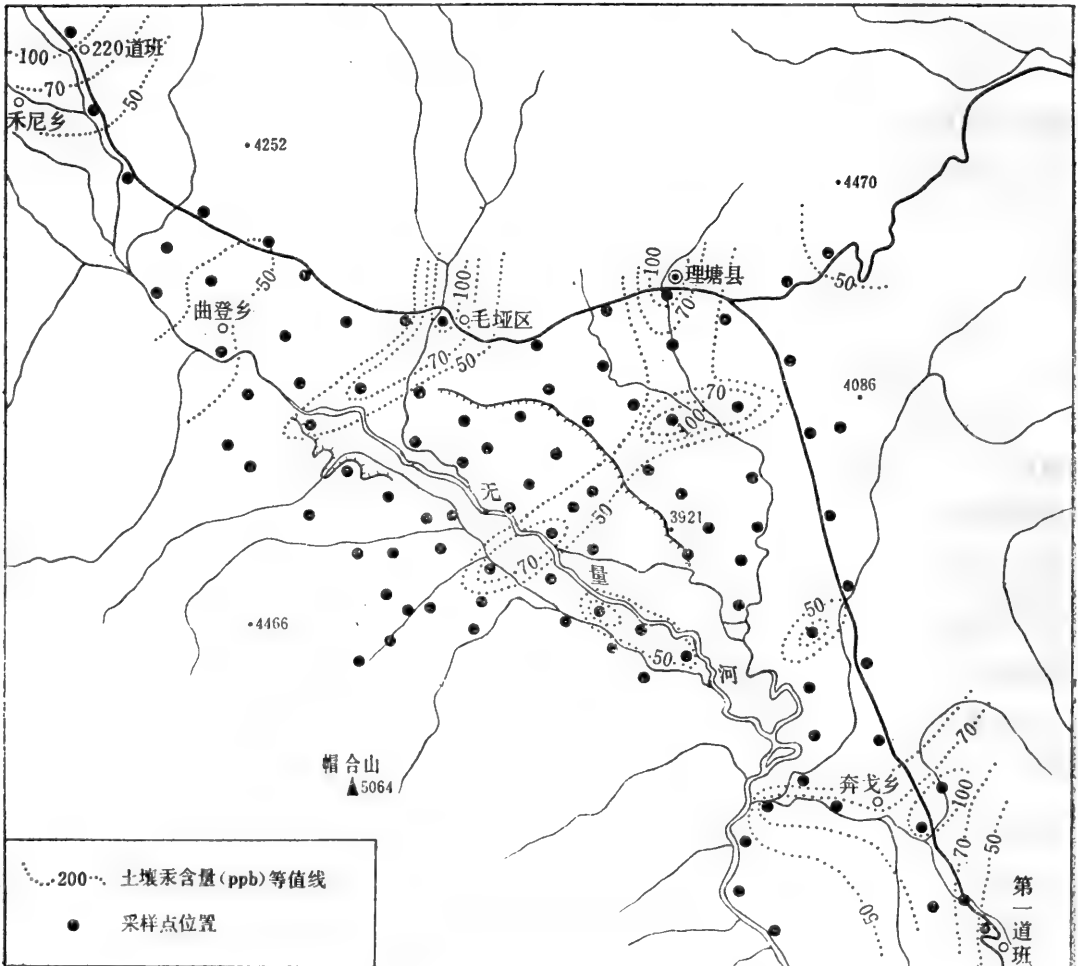


图2 理塘毛坝盆地土壤汞分布图 (1:144000)



东向两组断裂交叉区,因应力集中,岩层破碎断裂加深,可能是地热流体的上升区;(3)盆地内与地热流体有关的汞异常区范围很大,面积达5平方公里,具有良好的开发远景。

### 3. 理塘县毛垭坝地热区

毛垭坝盆地土壤汞含量从11—364ppb,但>100ppb的只有6个互相孤立的点,在97个采样点中,大多数微量汞<50ppb,见图2。因此,根据汞调查结果,很难断定理塘是否存在具有经济意义的地热田。不过,图中如下几点还是令人注目的:(1)毛垭坝盆地的西北角禾尼乡附近及东南角奔戈乡附近,是盆地中一系列大小断裂带交错汇合的部位,应力集中,断裂带深度大,是两个汞异常区。禾尼乡附近已发现有几处温泉,奔戈乡附近虽尚未发现温泉,但这里是本区最显著的汞异常区,故地下可能有地热流体在起作用。(2)毛垭坝区委附近的测点汞含量达245ppb,这里地质工作者已查明,有两条南—北向断层与一条北西向深大断裂带相交,并且附近的道班澡堂,为一个热泉群,位于巨大的厚层钙华堆积之上,因此,这个高值点很好地反映了地下的构造和水热活动情况。(3)理塘县城公路边及正南向约2.2公里处的盆地中间,出现了两个>300ppb孤立的汞异常点,这两点附近并无地热的地表显示现象。考虑到理塘城的采样点在城区公路边,另一点采于耕地内,都有可能出现人为的污染。但对照00931部队用物探方法推断的盆地基底断裂分布及航空照片,这两点恰在北西向断裂带与北北西向和北北东向断裂构造的交叉部位,因而高异常值也有可能是地下复杂构造情形的反映。(4)在盆地的中部,可见到两条汞异常带呈北东40—50°方向展布,因此可推断盆地下面可能还存在北东向的断裂构造。

最后还有两点:(1)理塘毛垭坝断陷盆地和甘孜拖坝断陷盆地,都处在赠科—稻城反“S”型构造的转折部位,从力学意义上说,它们具有相似性质。在拖坝盆地现已发现除北西向深大断裂带外,还有与之正交的一组北东向次级断裂存在。因此,可以推断毛垭坝盆地也可能存在这种北东向的断裂构造。以往的工作,包括电法勘探等物探方法,均未发现这种北东向断裂,但土壤汞含量调查结果却指出了存在这种断裂的可能性。(2)前述毛垭坝盆地土壤汞含量较目前已知地热区的土壤汞含量要低得多,因此不能对这一断盆的地热资源作出乐观的估价。但是,这种现象与盆地岩层的汞含量不无关系。在盆地东北角出露的二叠系(?)结晶灰岩,及帽盒山下出露的三叠系(?)褐红色砂板岩,都是汞含量很低的岩层,而拖坝盆地出露的三叠系罗空松多组和新都桥组黑色、深褐色泥板岩,汞量则应较高。当然,这还有待进一步的研究作出确切的解答。

### 参 考 文 献

- (1) Joseph S. Matlick and Buseck, 1975, Exploration for Geothermal Areas Using Mercury: a new Geochemical Technique, Second United Nations Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources, San Francisco, California, USA, 1, 53-79.
- (2) Malcolm E. Cox, Donald M. Thomes, and Kevin E. cuff, 1982, Geochemical Surveys of Mokapu Peninsula and Adjacent Areas, a Preliminary Geothermal Evaluation of the Mokapu peninsula on the Island of Oahu, Hawaii, University of Hawaii.
- (3) 四川省地震地质队理、巴塘组,理巴塘地区地震地质概查报告,1977

**PRELIMINARY RESEARCH ON SOIL MERCURY ANOMALY  
IN TUOBA-BASIN GEOTHERMAL AREA OF GANZI AND  
MAOYABA-BASIN GEOCHERMAL AREA OF LITANG, WESTERN  
SICHUAN PROVINCE**

Wu Chizheng

Commission for Integrated Survey of Natural Resources, Academia Sinica

Abstract

Tuoba and Maoyaba Basins are located respectively in two turning positions of the reversal S-type structural pattern of Manigange- Ganzi- Litang- Daocheng in western Sichuan, wherein the ground stresses are highly concentrated and the faultings have extensively developed which in turn provide excellent passageways for ground water circulation. The soil mercury anomalies in these two basins are closely related to the hydrothermal manifestations. The tendency of the soil-mercury anomalies suggests that the development of fracturing structure might be the main mechanism for the powerfully geothermal manifestations in those areas, where the geothermal fluids circulated deeply downwards through the great and deep fracture systems, it is quite different from the geothermal system originated with the intrusion of shallow magmatic pockets or volcanic activities. As mentioned above, it is reasonable to pay an attention on geothermal source during the assessment of geothermal resources in these areas.

## 53. 腾冲芒棒盆地的地温曲线和估算热流值 的 初 步 研 究

过 炯 颖      张 保 山

(北京大学地质系)

芒棒盆地位于腾冲—梁河和高黎贡山—三合山构造带交接部位。芒棒是一个断陷盆地，南北长32公里，东西宽4—6公里，龙川江纵贯整个盆地。盆地东依高黎贡山变质岩带，西依燕山期花岗岩，盆地中覆盖了一套第三系上新统芒棒组的碎屑岩、基性玄武岩和粗玄岩等火山岩及第四纪下更新统的中性安山岩、英安岩。地表的水热活动显示不强烈，盆地中仅有三个温度不高的泉。沿龙川江的新寨硝塘温泉水温 $30.5^{\circ}\text{C}$ 、流量 $1\text{升秒}^{-1}$ ，龙安桥温泉水温 $29^{\circ}\text{C}$ 、流量 $0.1\text{升秒}^{-1}$ 和江东的窜龙澡塘热水水温 $50^{\circ}\text{C}$ 、流量 $2.7\text{升秒}^{-1}$ 。

二机部三局云南209地质队二工区和三工区分别在芒棒公社、五合公社一带打了一些地质勘探孔，钻孔揭露五合公社革家寨一带有地温异常，革家寨三工区队部门口打出一口自流井温度 $74^{\circ}\text{C}$ 、流量 $11\text{升}\cdot\text{秒}^{-1}$ 。本文想通过搜集到的钻孔温度资料的分析和估算最小热流值的分析，对芒棒地温异常区提出一些初浅的看法（图1）<sup>(6)</sup>。

### 一、温 度 测 量

28个钻孔分布在约24平方公里的范围内，分布位置很不均匀，有24个集中在五合公社革家寨一带，其它4个钻孔零星分布在清水公社的姚家沟，芒棒公社和五合公社的荷花村（图1）。这4个零星分布的钻孔是1980年12月—1981年1月用自制三线热敏电阻测温仪测量，测温精度是 $0.1^{\circ}\text{C}$ 。CK-BV，26CK19，4CK9-10和ZK-108009 4个钻孔，其中CK-BV位于清水公社姚家沟，是209地质队二工区的水文地质长期观察孔，经过抽水实验和一年多时间的稳定，此孔的温度资料是稳定的。而其它3个孔都是在停钻以后10几小时测的温度，相隔时间最长的1个孔也只有38小时。钻孔测温实际是测量井液的温度，由于井液循环扰动了钻孔中岩层的原始温度场，因此要使井液温度与周围岩层温度达到平衡需要有一个相当长的恢复时间，Bullard和Любимова等计算得到钻探引起的温度扰动衰减到1%所需要的时间约为钻探时间的10—20倍。国内积累了相当多的钻孔温度恢复实例：如泥浆循环时间为整个钻探施工期一半的情况下，温度恢复到准平衡的时间约为钻探施工时间的五分之一<sup>(5)</sup>，从这一点出发其余3个孔的测温资料都不属于稳态测温。如钻孔26CK19有机会进行了3次测温，其结果如表1。

由表1可以看出：（1）三次不同时间的测温所得的钻孔温度资料是不同的，测温的时间离停钻时间越近，测得的温度变化越大，随着测温时间的推迟，温度变化也变小，即距停钻时间越长，钻孔中井液温度越近于岩层的原始温度；（2）一个钻孔几次测温表明钻孔中不同深度的温度变化方向不同，如钻孔26ZK19，100米以深的温度距停钻时间越长测到的温度越高，而100米以浅的温度就变低，即在100米附近应有一个温度不变的支

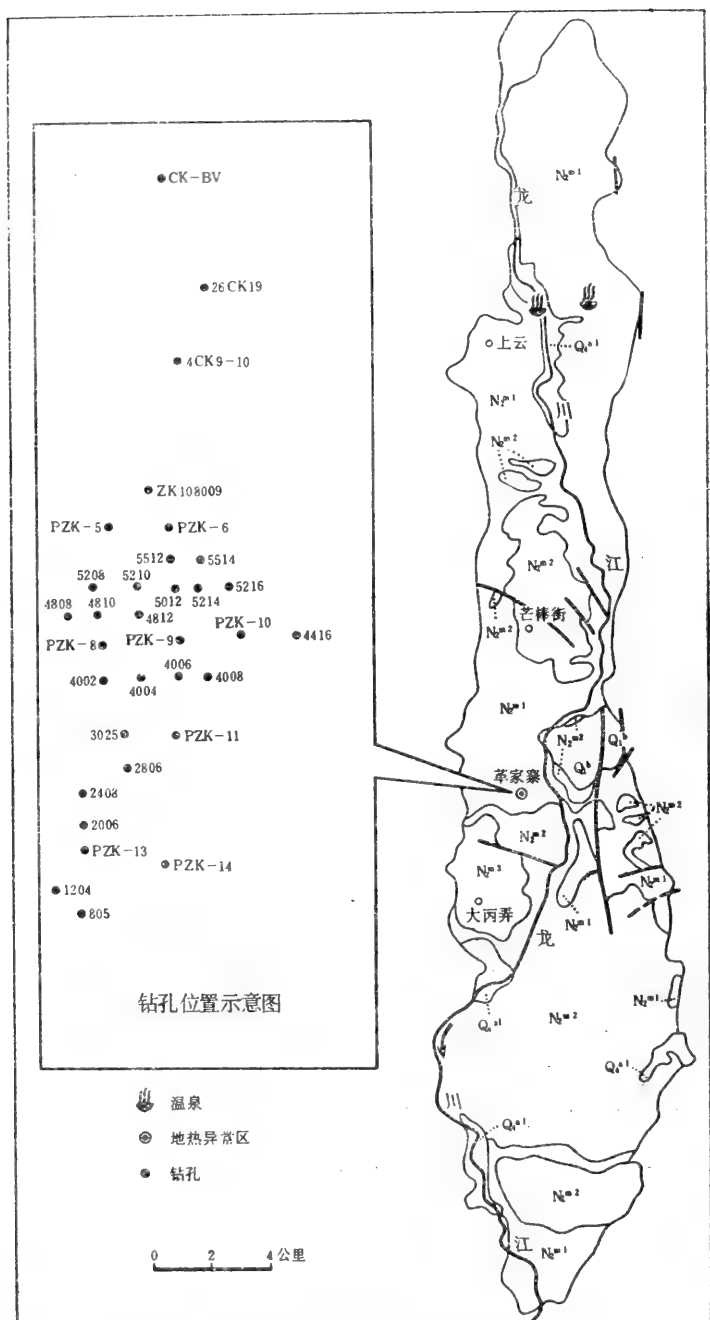


图1 腾冲芒棒革家寨地热异常区位置图

$Q_4^{a1}$  现代冲积相砾、砂及粘土等

$Q_1^b$  第四纪下更新统安山岩

$N_{2m}^3$  } 第上芒 砂岩、粘土岩为主夹砾岩

$N_{2m}^2$  } 三新棒 玄武岩

$N_{2m}^1$  } 系统组 砂岩、砂砾岩夹粘土岩及薄煤层

表 1 26CK19钻孔三次测温对比表

| 深度<br>(米)<br>次 温<br>数 度(°C) | 260   | 200   | 150   | 100   | 50    | 10    |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 第 1 次                       | 31.56 | 29.17 | 27.48 | 25.66 | 23.60 | 22.08 |
| 第 2 次                       | 32.90 | 30.35 | 27.98 | 25.60 | 22.72 | 21.66 |
| 第 3 次                       |       |       | 28.23 | 25.42 | 22.53 | 21.57 |

点, 几次测量温度变化很小或几乎不变; (3) 由于测到的温度资料还没有达到平衡, 因此此孔不属于稳态测温。上述情况是由于冲洗液(泥浆)循环对原始温度场的扰动而造成的。冲洗液循环使井液上下温度均一化, 在一定深度下冲洗温度低于岩层温度起着冷却的作用, 而在一定深度以上从深部循环上来的井液比原始地温高, 冲洗液对地层起着加温作用, 使整个钻孔围岩的温度上下均一, 为了要测到原始的岩层温度就需要有恢复平衡的时间。上述 4 个钻孔除 CK-BV 钻孔以外, 其它 3 个孔显然都属于非稳态测温, 而得到的地温梯度也要小于岩层原始的地温梯度。

209地质队三工区的 24 个钻孔测温是用二机部三局制作的测温仪, 测试离停钻时间都没有超过 24 小时, 同样都属于非稳态测温。虽然有的钻孔如 ZK2806, ZK2006 等钻进时间只有 4、5 天, 显然需要稳定的时间较短, 但是每个钻孔只有一次测温资料不足以说明是稳态测温, 只能说有的钻孔资料较接近岩层原始温度, 而有的钻孔可能相差多一些。

## 二、温 度 剖 面

上述分析说明 28 个钻孔除 CK-BV 钻孔以外, 其它钻孔的温度资料均属于非稳态测温。根据钻孔 26CK19 的三次测温资料, 每次测试计算得到的地温梯度: 如第 1 次是  $36^{\circ}\text{C}/\text{公里}$ ; 相隔 14 小时以后的第 2 次得到的地温梯度是  $44^{\circ}\text{C}/\text{公里}$ ; 第 3 次的地温梯度更大。可以断定钻孔现有资料的地温梯度肯定比实际的地温梯度要小。27 个钻孔测温条件可认为基本相同, 结合地貌地质条件对比分析这些钻孔的井温资料, 定性地做一些解释工作是可行的。

28 个钻孔的温度-深度曲线, 根据温度剖面的类型, 孔底温度和地温梯度基本可分成三个区(图 2)。ZK-1024, 805, 2006, CK-BV 为 I 区; PZK-6, PZK-10, 5216, 4416 属于 III 区。I 区主要分布在盆地的西侧, 孔底温度是  $20^{\circ}-26^{\circ}\text{C}$ 。这区的花岗岩顶面埋深较浅, 海拔一般在 1280—1320 米左右, 温度剖面的形状不同于 II 区和 III 区。该区的曲线比较陡, 地温梯度较小, 往往是上面较陡, 到深处有一个明显向下的折点(图 2 曲线 I), 这种类型表明上层有地下水下行。地下水在此以垂直下渗运动为主。水在下渗过程中受围岩的传导加热, 由于下渗水不断地交替带走了围岩中的热, 降低了这里的地温, 这些说明该区受到地下水补给的影响。III 区分布在革家寨东部一带, 花岗岩顶面比 I 区埋深大, 海拔一般为 1100—1000 米左右, 孔底温度  $50^{\circ}-52^{\circ}\text{C}$ (图 2 曲线 III), 这里的曲线也较陡, 如 ZK-4416, 孔口温度  $74^{\circ}\text{C}$  的热水流出地面, 孔中地温梯度基本上等于零, 表明热水在水头作用下一直出露到地表。而钻孔 5216, PZK-10, PZK-6 等, 深处热水没有上升到地表, 但从温度-深度曲线的形状看出与 I 区不同, 该区的曲线向上折, 表明下层有热水上行。III 区可能是热

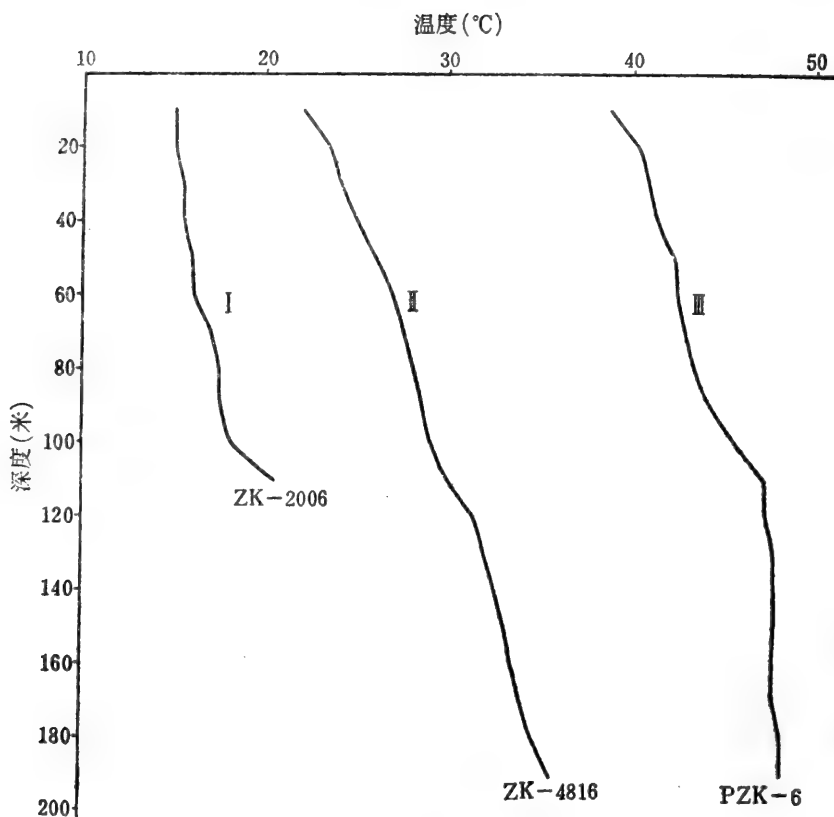


图2 三种温度-深度曲线类型

水的承压区或排放区。Ⅱ区的范围较广位于Ⅰ、Ⅲ区之间。基岩面的埋深在上述二个区之间海拔1200—1100米，孔底温度 $28^{\circ}\text{C}$ — $44^{\circ}\text{C}$ ，地温梯度 $46^{\circ}\text{C}/\text{公里}$ ，曲线是典型的传导形温度-深度曲线。White认为世界范围的平均热流值是 $1.5\text{微卡}\cdot\text{厘米}^{-2}\cdot\text{秒}^{-1}$ ，正常的热流值是 $0.8\text{—}2.0\text{微卡}\cdot\text{厘米}^{-2}\cdot\text{秒}^{-1}$ 之间，大多数岩石的热导率为 $4\text{—}10\text{毫卡}\cdot\text{厘米}^{-1}\cdot\text{秒}^{-1}\cdot\text{度}^{-1}$ 之间，在这些热流和热导率的范围内，地温梯度为 $8^{\circ}\text{C}/\text{公里}$ 之间，显然Ⅱ区的地温梯度要高于此值。White认为传导地温梯度异常高的地区，一种可能是热流值异常高或热导率异常低，或者是因为这两个因素适当的组合等原因引起。本区钻孔通过的岩层是热导率较低的沉积岩，可能是形成异常地温梯度的原因之一。

### 三、热流值的估算

CK-BV, 4CK9-10, 26CK19, ZK-108009 3个钻孔除CK-BV属于稳态测温以外，其余3个钻孔全是非稳态测温。CK-BV钻孔没有采到岩芯标本，其它3个钻共取了不同深度的18块岩芯，直径为71—56毫米。由于岩性胶结不好，有的无法切成试件，只有坚硬的或胶结好的片麻岩、花岗岩和细砂岩等岩芯切成试件。有些岩芯的层位出现在钻孔的深部，由于没有洗孔，有的钻孔在测温时探头已达不到孔底，得不到地温梯度的资料，而浅处有的井段缺少岩石热导率的资料，所以计算热流值就出现岩石热导率和地温梯度不配套的情况。芒棒盆地中第三纪上新统芒棒组地层是中砂岩、粘土夹砾石的一套半胶结的碎屑岩。这段地层的热

导率岩样分别有细砂岩、粗砂岩和安山岩（夹层）。它们分布在孔内不同的深度（图3），得到热导率的平均值是  $1.253 \text{ 毫卡} \cdot \text{厘米}^{-1} \cdot \text{秒}^{-1} \cdot \text{度}^{-1}$ 。这些岩性具有多孔性，在地层中

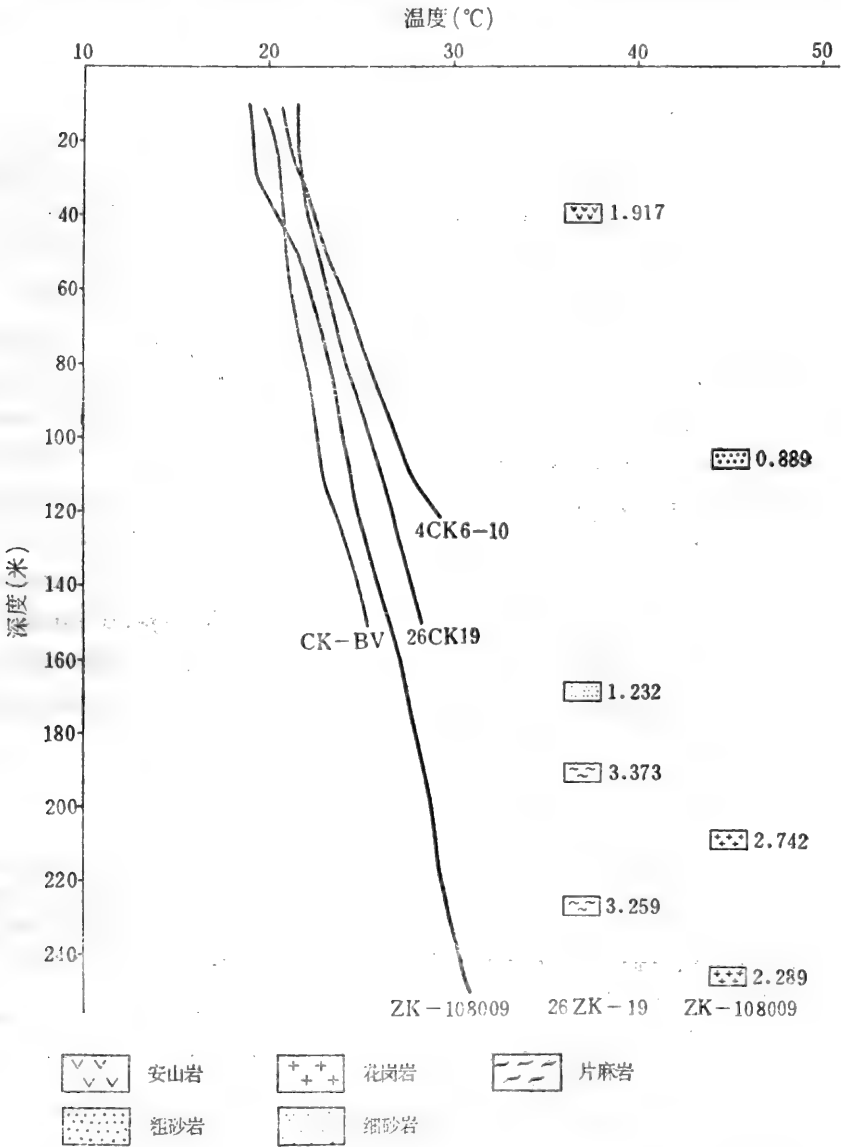


图3 地温曲线和钻孔岩芯热导率分布图

是饱水的，岩芯取出以后没有蜡封，又相隔了很长时间作热导率测量，岩样中失去了水分或一部分水分，所以测量的岩样是固体骨架和气两相或是固体骨架、气和水三相的热导率。岩石的原始状态是固体-水两相，由于水的热导率比气的热导率大23倍<sup>(5)</sup>。因此每块岩样在现场的实际热导率要比我们得到的平均值大得多。计算得到的平均热导率 $1.253 \text{ 毫卡} \cdot \text{厘米}^{-1} \cdot \text{秒}^{-1} \cdot \text{度}^{-1}$ ，分别与各钻孔的平均地温梯度的乘积得到各钻孔的估算热流值。根据钻孔的岩性剖面 and 地质条件，上述的平均热导率也适用于CK-BV钻孔。前面已经分析过除CK-BV钻孔以外，每个钻孔的地温梯度都可能比实际要偏小，热导率也是偏小，因此估算到的热流值是小于实际热流值。ZK-108009 钻孔用170米以下的地温梯度与片麻岩等热导率的乘积，这

4个钻孔热流值仅能说明它们的相对大小,热流值由北而南增大,CK-BV最小,ZK-108009最大。

### 三、讨 论

28个钻孔的温度剖面,根据曲线类型,孔底温度,地温梯度等方面可分成三个区,这三区由西往东孔底温度增高,地温梯度变大以及温度剖面的曲线类型都表明了芒棒革家寨一带有一个水热系统,水流由西往东流,西边是热水的补给区,东边是承压区或排放区。这样的分析也可以从地形、地貌和花岗岩基底顶面埋深等地质条件得到论证。龙川江纵贯芒棒盆地,汇水盆地受东、西两边分水岭补给。龙川江西侧汇集西部水系,由西往东流,部分地表水渗入地下,而花岗岩基岩面埋深由西往东倾斜,花岗岩是一个不透水层,可作为推论地下水自西向东流的依据。综合温度剖面,地貌和地质条件,芒棒革家寨水热系统自西往东流。

四个估算热流值自北而南增大,热流值的这种变化趋势可能与地下水运动有关,下渗水带走热量导致热流值降低,热流值由北而南增高表明地下水的补给在北边。所以芒棒革家寨水热系统除了有西边补给可能还有北部的补给,在革家寨汇集成热水系统的承压区或排放区。至于热水的温度White认为在正常大地热流值,地下水循环到达深度3公里,温度变化范围可以超过地表温度 $24^{\circ}-150^{\circ}\text{C}$ ,因此革家寨热水按照正常地温梯度经过循环得到 $74^{\circ}\text{C}$ 的热水是可能的,可以认为这里的异常高的地温是对流系统造成的。问题是革家寨的东北方向,龙川江以东的第四纪下更新统有一次中性安山岩、英安岩的喷发,显然地表的余热已散失,地下是否还保存有余热增加这里的地温,需要进一步研究,总之芒棒革家寨水热系统东边是勘探的远景区。

### 参 考 文 献

- (1) Lachenbruch, A. H. and Sorey, M. L. etc, 1976, The Near-Surface Hydrothermal Regims of Long Valley Caldera; J. Geophys. Res., 81 (5), 763—768.
- (2) J. H. Sass and E. A. Sammel, 1979, Heat Flow Data and Their Relation to observed Geothermal Phenomena Near Klamath Falls, Oregon; J. Geophys. Res., 81(26), 4868—4868.
- (3) O. Kappelmeyer, 1979, Implcations of Heat Flow Studies for Geothermal Energy Prospects; In: Terrestrial Heat Flow in Europe, 126—135.
- (4) D. E. White, 1973, 地下热能, 1977, 施洪熙、佟伟等译 地质出版社, 29—49.
- (5) 中国科学院地质研究所地热研究室编著, 1981, 矿山地热学, 煤炭工业出版社。
- (6) 云南省地质局区域地质调查队, 1979, 腾冲幅1:20万地质图, 云南省地质局。

### PRELIMINARY OBSERVATIONS ON TEMPERATURE PROFILES AND ESTIMATED HEAT FLOW IN TENGCHONG MANGBANG BASIN

Guo Guoying                      Zhang Baoshan

Department of Geology, Peking University

Abstract

Mangbang graben basin is located in the geological structure intersection belt of Tengchong-lianghe and Mt. Gaoligong. The basin is covered with



clastic rock, Pliocene basalt and lower Pleistocene andesites. The Longchuan river flows through the basin from north to south. Hydrothermal activity is not intensive in this basin with only three thermal springs. There are some thermal holes distributed in the Gejiazhai in Mangbang Basin.

28 holes are divided into three groups according to profiles, temperatures of hole bottom and geothermal gradient. The 1st group is located at the western part where the temperature at the hole bottom is  $20^{\circ}$ — $26^{\circ}\text{C}$ , gradients are smaller and the types of temperature profiles indicate downward flowing groundwater. The third group is located at the eastern part where the temperatures at the hole bottom are  $50^{\circ}$ — $52^{\circ}\text{C}$ , with small gradients and types of temperature profiles indicate upward flowing hot water. The second group is located between I and III groups with typical conductive curves in  $46^{\circ}$ — $100^{\circ}\text{C}/\text{km}$ . The temperature profiles suggest that the first group is characteristically regions of hydrologic recharge while the third group is characteristically regions of hydrologic discharge. The top surface of granite slants from west to east. Based on comprehensive analysis of the geomorphological and geological data, there is a hydrothermal system in Mangbang Gejiazhai whose gross circulation is from west to east. Four estimated heat flow values get to be greater from north to south. The possibility also exists that there is hydrologic recharge from north too.

## 54. 茶 洛 间 歇 泉

张 知 非

(北京大学 地质学系)

周长进 吴持政

(中国科学院自然资源综合考察委员会)

高温间歇喷泉是一种引人入胜的然而又是很少见的自然现象,据文献记载<sup>(1)</sup>:全世界大约有400多处,仅美国黄石公园、苏联堪察加半岛和冰岛中部三个地方已有340多处,其余则零星分布于美国的内华达州、新西兰北岛、墨西哥中央火山带、智利、亚速尔群岛、日本和印尼等有限的几个地方。关于我国的高温间歇水热喷发活动,近年来已有报导<sup>(2)(3)(4)</sup>,但仅限于西藏境内。有关四川省西部原义敦县城北茶洛间歇喷泉的情况,屡有所闻,但迄今一直未见诸于文字。中国科学院青藏高原综合科学考察队地热专题组,于1982年8月15日至8月19日前往巴塘县濯拉区(即原义敦县)考察了茶洛间歇泉区。该区间歇泉不论在喷发型式还是出露的地质背景都有其特点,很值得研究。现将我们初步观测结果加以报导,以扩展对我国间歇泉的认识。

### 一、地理位置与地质背景

茶洛间歇泉区位于四川省甘孜州巴塘县濯拉区境内。自濯拉区政府所在地(原义敦县城)沿简易公路北行12公里直达间歇泉区。其地理坐标为北纬 $30^{\circ}24'17''$ ,东经 $99^{\circ}23'8''$ 。泉区座落于热坑与茶洛两居民点之间。金沙江的一条支流巴曲河自北东东向南西西穿经本区。区内巴曲河河床海拔在3520米到3600米之间。

金沙江断裂带是一个古消减带,沿着它有由海西到喜山期的岩浆活动,该断裂带由几条大断裂组成,宽度可达50公里,断裂带在义敦以北为北北西向,以南为南北向,因此在义敦形成一略向东突出的弧形,茶洛间歇泉区位于弧顶附近。泉区附近发育着众多近南北向的断层,而泉区所在的巴曲河谷段又有一近北东东向的横向断裂穿过,错开了近南北向的断裂<sup>①</sup>,泉区正位于两组断裂交切部位附近。

### 二、泉区水热活动概貌

茶洛间歇泉区沿巴曲河谷展布,长约1公里,宽约100—200米,整个面积仅0.15平方公里。沿河两侧谷坡上发育着多种多样的水热活动,集中在西半部。最突出的是四处间歇喷泉,它们的活动型式将在下节描述。此外还有喷汽孔、沸泉、脉动喷泉、冒汽地面、热泉、温泉等等。泉区西段北侧谷坡上部发育成陡坎,其顶部大约高出河床近百米,根据崩塌下来的块体判断,陡坎顶部是泉胶砾石层,直接覆盖在近直立三叠系地层曲嘎寺组之上。在河床

① 根据巴塘幅1:20万区域地质图(审阅稿)

两侧可见带状分布的较新的泉胶砾石层，胶结甚为坚固。在泉区东段，不仅泉口少，温度一般也较低，河床两侧发育着层状的钙质泉华，木场附近残留着两个2米高的泉华锥。西段河床两侧砾石被蚀变，砾石下面常有硫华及盐华。

为数众多的沸泉，一般流量甚小，泉口温度多为88.5℃，这个温度正是当地海拔高度对应的沸点温度。

木桥边有一个双孔的喷汽孔，位于河岸陡崖下，难以接近，远观估计喷口直径30—40厘米，两喷口紧邻，持续喷出大量蒸汽，高达10多米，同时自喷口下侧方涌出高温热水。

西段北岸谷坡上有一个脉动喷泉，有两口紧邻的喷口，向西南方向斜射喷水，呼呼作响，喷高1米，喷远2米。泉口水温88℃，每分钟喷射200次，涌水量约1.5升·秒<sup>-1</sup>。

东段北岸边露出一钙质泉华体。在泉胶砾岩的“基座”上形成3.6米厚的层状结晶结构的泉华。泉华体形成后，可能因河流的侧向侵蚀，蚀空下部的泉华，使上部呈悬臂状，最后塌垮。塌下的大块体仍斜依在河边。泉华体内还有地下水溶蚀出的大洞，高2米多。洞内流出44℃的温水，流量约5升·秒<sup>-1</sup>。

### 三、间歇泉活动型式

茶洛间歇泉区共有四个间歇泉，集中分布在本区西段不到一万平方米的巴曲河北岸的谷坡上。

这四处间歇泉，有的经访问得知其藏语名称，有的则没有名称，只得根据某方面的特征暂取一名。四处间歇泉活动型式各异，仅对其中最大的一个——擦巴丹间歇泉做过24小时连续观察。其余的仅做间断观察，活动规律了解得不准确。现分别加以描述。

擦巴丹间歇泉座落在一个泉华台上，藏语擦巴丹即是“平台上喷热水”的意思。泉华台主要由硅质泉华组成，其顶面面积不大，长约35米，最宽处近3米。泉华台背靠三叠系地层组成的陡崖，白河的一面则是泉水漫流形成的倾角为40°左右的泉华斜坡，下接另一个泉华台，两台高差13.6米。间歇泉台高出河面约51米。间歇泉口在台的东端。在泉华台后缘发育着一条断断续续延伸的裂隙，中间有一个已无泉水喷出的“死泉口”。其西即擦巴丹的主喷孔，是一个1.5米长，10—20厘米宽的裂缝。主喷孔之西30厘米处还有一个孔，称之为西付孔。“死泉口”之东有另一间歇泉喷口，当地人统称为擦巴丹，为区别起见暂称东擦巴丹，东擦巴丹泉口处有一个40厘米直径的浅盆，其东0.5米处还有一付孔，称东付孔。

擦巴丹间歇泉具有大、中、小三种规模的喷发活动。所谓大喷发指主喷孔和西付孔全面溢水，主喷孔连续激烈喷发，既不是塘式间歇泉的扇状喷发，又不是柱式间歇泉的水龙带式的直射喷发，而是沿着一米多长的裂缝喷发。喷发具不规则脉动性，喷射出的热水最高可达4.5米，在陡崖壁面上留有喷射热水后留下的泉华薄膜，一般喷射只达2—3米。根据24小时连续观测，这种大规模的喷发持续时间最短的15分，最长的20分，平均为16分23秒。两次大规模喷发之间的间隔时间最短2小时11分，最长2小时57分，平均2小时32分30秒。平均一个周期持续2小时48分53秒。这样，8次大规模喷发不足24小时，每三天可能会多喷一次。在间隔时间内，并不停歇，而是不断出现中等规模的喷发。所谓中等规模的喷发指主泉口喷出汽、水混合物，喷高一般在50厘米左右，有时达1米，西付孔内水面上涨20厘米，但不溢流，整个活动过程持续1分钟左右。在24小时连续观测过程中，这种中等规模喷发达190多次，其间隔时间变幅较大，短的1分多钟，长的42分。这种喷发常成组出现，每组由1次到

7次组成，一般为3—4次。每组内每次喷发间隔1—2分，而组间的间隔则一般为10—20分。24小时连续观测记录到50多组中等喷发。这种喷发活动受大规模喷发活动的控制，大体分成8群。紧接大规模喷发的一组中等喷发后常常出现较长的间隔，大约30分到42分。这种较长的间隔就是划分出与大喷发相应的8群的标志。在大喷发、中喷发的间隔时期，也不完全静止，还有小喷发。所谓小喷发指的是主泉口喷溅出一些水花和小股蒸汽，喷高20厘米左右，喷口内隆隆作响，西付孔水位未上涨。这种小喷发仅持续10秒，间隔40—50秒。同一组的中喷发之间隔时期内，一般没有小喷发，偶尔也只有1次。各组中喷发之间隔时期内，则有10—20次不等。仅据12小时的观察，估计一天约有1000次小喷发。只有在两次小喷发之间喷发活动才完全停止。综上所述，擦巴丹间歇泉喷发活动具有多级复合的特点。

东擦巴丹间歇泉口呈浅盆状，喷发前先涨水、溢流，接着喷发，一般喷高0.5—1米左右。其喷发活动与擦巴丹主泉口的活动有一定对应关系。对应每组中喷发，东擦巴丹间歇泉有一次连续喷发活动，但略为滞后。其持续时间短则4分，长则8分，一般为6分钟左右。对应每次大喷发，则有一次长时间的喷发，滞后1分半，持续约30分钟。这样东擦巴丹间歇泉有长时间和短时间两种喷发活动。据12小时的观测，一天有8次长时间喷发，50多次短时间喷发。也表现出一定的多级复合的特点。鉴于擦巴丹与东擦巴丹相距不过3.5米，喷发活动有一定相关性，推想地下水室与通道机构有一定联通关系，故暂将这两个间歇泉做为一个间歇泉两个出口来考虑。

擦利玛间歇喷泉，位于擦巴丹东侧约100米处，前者高于后者约13米。擦利玛间歇泉喷出的热水沿山坡直泻河中，藏语擦利玛即指此长长的热泉水流，该间歇泉由此而得名。泉水所经路途有钙质泉华体形成，上部窄长如滑梯，下部做扇形展开。据访问，此泉几天才喷一次，传说谁碰上它喷发谁就有福气。8月17日午夜观测擦巴丹喷发活动时偶然发现擦利玛喷发，只见百米之外蒸汽团滚滚上升，大约在18日1点20分消失，其他细节不知。此后又于19日下午2点1分发现它起喷，3点47分停止，历时1小时46分。这两次喷发之间有15小时（即18日下午5点到19日晨8点）现场没人监测，这期间如果没有喷发活动，则其间歇期为36小时41分。如果有一次喷发活动，按等间歇期推测，那一次可能发生在18日晚上19点左右，间歇期为17个小时。间歇期究竟多长，有待长时间的连续观测来确定。擦利玛有两个喷口，相距3米，它们都开口于泉胶坡积物中。斜向喷水，喷高1.5米，射出距离4—5米。水清澈透明，总流量初为6升秒<sup>-1</sup>，大约50分钟后减弱，喷高不及1米，远不过2米，总流量约5升·秒<sup>-1</sup>，再过50分钟，射出的水流不及1米远，流量只3升秒<sup>-1</sup>，以后加速减弱，又过16分钟后断流，只徐徐冒汽，进入间歇期。

擦利玛间歇喷泉之西20多米处，有另一间歇泉，地面上无定形的泉口，在3×3米的一片坡积物上出现成群的蜂窝状的小眼。其喷发活动似与擦利玛有对应关系。滞后1小时14分起喷。先喷水，5分钟之后又以喷汽为主，又过7分钟复以喷水为主，涌水量3升·秒<sup>-1</sup>，持续4分钟后水量下降不足1升·秒<sup>-1</sup>，喷汽量似又增加。擦利玛停喷后又延续了54分钟。这个间歇泉的特点之一乃是喷出的热水浑浊，汽中夹带直径为1厘米的小石块。该泉没有藏语名称，暂命名为“浑水”间歇泉。泉水流经的山坡上没有丝毫泉华，而代之以灰黑色的泥。喷出浑浊的泥水和石块可能说明当地原有的泉口被较新的坡积物掩埋，热水在地下正开辟着通往地面的通道。也可能说明“浑水”间歇泉比较年轻，地下通道系统的四壁尚未衬上泉华保护层，把围岩水热蚀变产生的粘土冲出地表。究竟属于那一种情况，有待深入研究。

最后一个间歇泉，叫擦兄间歇泉。擦兄藏语意指小小的热泉。该泉的确很小，只靠由树

从中周期地升起一股蒸汽才发现它。该泉位于上述各泉的下方，高出河面20米左右，也是自大块坡积物中喷出汽水混合物。据短暂观察，大约4分钟喷一次，一次仅持续20秒。喷发时以汽为主并夹带少量水花，在旁侧大石块上留下具扇状纹饰的泉华薄膜。

综上所述四处间歇喷泉的特点，得出下列两点认识：（1）喷发活动有多级复合的特点，说明地下的水室不是单一的，很可能是大小不一互相联通的许多水室；（2）除擦巴丹出现在泉华台上之外，其余的都出露在坡积物中，间歇泉地下机构很可能是在坡积物中形成和发育起来的。也正因为如此，使水室和通道十分复杂。

#### 四、天然放热量的估算

对擦巴丹的天然放热量进行了初步估算。曾用最高温度计和半导体温度计在喷口内反复多次测量，均没超过88.5℃，即没有过热度。已知温度的情况下，只要求出热水和蒸汽的质量流量就可以求出天然放热量。擦巴丹大喷时的涌水量为4升·秒<sup>-1</sup>，而蒸汽的体积流量有待求算。按J. S. Rinehart的方法<sup>(1)</sup>以喷高求喷口的初速 $V_0$ ，

$$V_0 = \sqrt{2gh}$$

式中 $g$ 为重力加速度， $h$ 为喷高。如大喷的喷高按2米，中喷按0.5米，小喷按0.2米计，分别代入上式，得出三个相应的初速度分别为：6.26米·秒<sup>-1</sup>、3.13米·秒<sup>-1</sup>、1.97米·秒<sup>-1</sup>。喷口截面按最狭小处考虑长1米，平均宽0.1米，面积为0.1平方米，则大、中、小喷发的体积流量分别为0.626米<sup>3</sup>·秒<sup>-1</sup>、0.313米<sup>3</sup>·秒<sup>-1</sup>、0.197米<sup>3</sup>·秒<sup>-1</sup>。大喷发的体积流量中包括4升水，扣除之后蒸汽的体积流量应为622升·秒<sup>-1</sup>，每公斤88.5℃的饱和蒸汽的容积为2518升，则质量流量为0.247公斤·秒<sup>-1</sup>，由这部分蒸汽放散出的热量为156.8千卡·秒<sup>-1</sup>。如果涌出的热水是这0.247公斤·秒<sup>-1</sup>蒸汽分离出去之后剩余的水，则汽水比为6.18%。同样步骤可以求出中喷的蒸汽放热量78.8千卡·秒<sup>-1</sup>，小喷的为49.7千卡·秒<sup>-1</sup>，大、中、小喷发过程的放热量乘以喷发持续时间和每天喷发次数，再除以全天时间，则求出平均每秒的放热量，它们分别为：13.94、10.40、5.75千卡·秒<sup>-1</sup>。大喷发时涌水量的放热量为29.33千卡·秒<sup>-1</sup>，中、小喷发也喷出一定量热水，喷出的水往往落入喷口，涌量无法估算，涌水放热量也难以估计。如按大喷发时蒸汽放热量和涌水放热量之比估计，中、小喷发涌水放热量大约为30千卡·秒<sup>-1</sup>。汽水总合放热量近90千卡·秒<sup>-1</sup>。加上东擦巴丹的放热量估计为150千卡·秒<sup>-1</sup>左右。这相当于羊八井间歇井放热量的1/2<sup>(5)</sup>，属于中型间歇泉。其余的间歇泉观测不细未做估算。

对茶洛间歇泉区的总放热量也做过估算。按巴曲河上、下游温差法估计全区放热量超过25000千卡·秒；按上、下游河水Cl<sup>-</sup>浓度差法估计为6400千卡·秒。虽然两种估计相差较大，但可以看出：（1）全区放热量可达到10<sup>7</sup>卡·秒<sup>-1</sup>的数量级，属大型水热活动区。（2）间歇泉本身放出的热量在全区总放热量中的比例很小，只有百分之几，大量的热是以涌出热水的形式排放。

全区放热量如以10000千卡·秒<sup>-1</sup>计，平均到全区0.15平方公里上，则每平方厘米每秒放热量为666.66微卡，相当于全球平均大地热流值的400多倍。

这样高的热流标志着地下浅处的高温，用Na/K温标估算的温度为218℃，用SiO<sub>2</sub>温标估算为207℃。

世界上几乎所有的间歇泉都处于现代或近代火山活动区内，而茶洛间歇泉与西藏的几处

间歇泉一样，都不在现代或近代火山活动地区内，它的强烈的水热活动的热源，看来以地下浅处有尚未冷却的岩浆侵入体来解释较为合理。

## 五、结 束 语

茶洛间歇泉是我国少有的几处间歇泉之一，又是西藏以外已知的唯一的一处。这里虽蕴藏着大量地热能可供开发，但这里水能资源也十分丰富，开发起来看来更经济。另一方面，本处与其它几处间歇泉区相比，交通比较方便，海拔较低，风景幽美，加上引人入胜的间歇泉，倒是一个比较好的旅游区。因此，不宜在本区开发地热能，而应把本区景物做为一种旅游资源加以保护。首先应把间歇泉区附近的若干平方公里的地区划为自然保护区；进而组织力量对间歇泉的活动进行连续观测，详细研究；最终在经济条件许可的情况下建设旅游设施。

## 参 考 文 献

- (1) Rinehart, J. S., 1980, *Geysers and Geothermal Energy*, Springer-Verlag New York.
- (2) 佟伟等，喜马拉雅地热带，北京大学学报（自然科学版），1978（1），76—86。
- (3) 佟伟、章铭陶等，1981，西藏地热，科学出版社。
- (4) 章铭陶和张知非，西藏的间歇喷泉及其动态变化特征，北京大学学报（自然科学版），1982（3），82—87。
- (5) 张知非等，羊八井热田的人工间歇井，北京大学学报（自然科学版），1982（4），85—90。

## GEYSERS IN CHALUO HYDROTHERMAL AREA

Zhang Zhifei

Geology Department, Peking University

Zhou Changjin

Wu Chizheng

Integrated Survey Commission of Natural Resources,

Academia Sinica

Abstract

The geysers in Chaluo are the only known active geysers in China beside those in Xizang. Chaluo hydrothermal area is located at about 12 km north of Zhuola District (originally Yidun County) of Batang County, Sichuan Province. It extends about 1 km along the 0.2 km wide Baqu River Valley and its altitude is about 3520 - 3600m above sea level.

There are a lot of hydrothermal phenomena in the area such as thermal springs, boiling springs, fumaroles, pulsating springs, steaming ground and geysers. This paper deals mainly with the behaviors of geysers. One of them is named Chabadan Geyser and its activities have been continuously observed for 24 hours. Its eruptions could be grouped into three grades by their inte-

ensity, namely strong, middle and weak eruptions. The strong eruption lasts 15-20min. , averaging 16 min. 23 sec, and jets of hot water are shot to a height up to 4.5m. The period between two strong eruptions ranges from 2 hr. 11 min. to 2 hr. 57 min., averaging 2 hr. 32 min 30 sec. During that period tens of middle eruptions occur in group with a erupting height more than 0.4m, sometimes up to 1 m. About 190 middle eruptions occur each day. The time between groups of the eruption varies from 10 to 42 min. The intervals between strong and middle eruptions are filled by frequent small weak eruptions, each one lasting only 10 sec, followed by a quiet period of 40-50 sec. There are nearly 1000 weak eruptions a day. The above observations indicate that the activity pattern of Chabadan is poly-grade composite eruption. There is another vent 3.5 m to the east of Chabadan. Its eruptions correspond to the strong eruptions and the groups of middle eruption of Chabadan. Its eruptions last 30 min or 6 min respectively but lags behind that of Chabadan for one min. more.

The eruption of Chalima Geyser lying 100m to the east of Chabadan lasts about one hr. and 45 min. with perhaps a intermission of 17 or 36 hr in each cycle. In addition another two geysers named "Turbid Water" Geyser and Chaxiong Geyser have primarily been observed but not studied in detail.

The natural heat discharges of Chabadan and the whole area are estimated to be  $90 \text{ kcal sec}^{-1}$  and  $10000 \text{ kcal sec}^{-1}$  respectively.

The authors deem it better to protect the area as a resource for tourism than to exploit it for electrical power.

## 55. 四川邛海、马湖鱼类资源及其利用问题

庄大栋 高礼存

(中国科学院南京地理研究所)

邛海和马湖位于凉山州境内，是构造断陷形成的湖泊，属金沙江水系。邛海距西昌市 5 公里，面积31平方公里，积流面积360平方公里，湖底平坦，最大水深18米。湖水主要由地表

表 1 鱼类种类分布

| 鱼 名                                                   | 分 布 |     |
|-------------------------------------------------------|-----|-----|
|                                                       | 邛 海 | 马 湖 |
| 草 鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i> (Cuv. et Val.)    | +   |     |
| 赤 眼 鲮 <i>Squaliobarbus curriculus</i> (Rich.)         | +   |     |
| 鲮 条 <i>Hemiculter leucisculus</i> (Basilewsky)        | +   |     |
| 鲢 鱼 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (Cuv. et val.) | +   |     |
| 鳊 鱼 <i>Aristichthys nobilis</i> (Richardson)          | +   |     |
| 红 鳍 鲌 <i>Culter erythropterus</i> Basilewsky          | +   |     |
| 蒙古红鲌 <i>Erythroculter mongolicus</i> (Basilewsky)     | +   |     |
| 鳊 鱼 <i>Parabramis pekinensis</i> (Basilewsky)         | +   |     |
| 团 头 鲂 <i>Megalobrama amblycephala</i> Yih             | +   |     |
| 圆 吻 鲷 <i>Distoechodon tumirostris</i> Peters          | +   |     |
| 中华鲮 <i>Rhodeus sinensis</i> Gunther                   | +   |     |
| 鲤 鱼 <i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus                   | +   |     |
| 马 湖 鲤 <i>Cyprinus</i> sp                              |     | +   |
| 鲫 鱼 <i>Carcassius auratus</i> (Linnaeus)              | +   | +   |
| 麦 穗 鱼 <i>Pseudorasbora parva</i> (Temm et Schl)       | +   |     |
| 泥 鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i> (Cantor)        | +   | +   |
| 鲶 鱼 <i>Parasilurus asotus</i> (Linnaeus)              |     | +   |
| 黄 鲮 <i>Monopterus albus</i> (Zuiew)                   | +   | +   |
| 乌 鳢 <i>Ophiocephalus argus</i> (Cantor)               | +   |     |
| 黄 鲷 鱼 <i>Hypseleotris swinhonis</i> (Gunther)         | +   |     |
| 棒 花 鱼 <i>Abbottina riularis</i> (Basil.)              | +   |     |
| 普 栉 鰕 虎 <i>Rhinogobius giurinus</i> (Ruter)           | +   |     |



表 2 邕海鱼类生长情况

| 鱼名      | 年 龄            | 尾 数 | 体 长 (厘米)  |      | 体 重 (克)   |       |
|---------|----------------|-----|-----------|------|-----------|-------|
|         |                |     | 范 围       | 平 均  | 范 围       | 平 均   |
| 鲤 鱼     | 2              | 10  | 12.5—21.0 | 15.9 | 60—140    | 96.7  |
|         | 3              | 6   | 18.0—23.5 | 20.4 | 150—300   | 217.5 |
|         | 4              | 3   | 26.0—27.0 | 26.5 | 420—500   | 465   |
|         | 5              | 1   | 31        | 31.0 | 800       | 800   |
|         | 6              | 1   | 35        | 35.0 | 1250      | 1250  |
| 鲫 鱼     | 1              | 6   | 11—12.5   | 11.8 | 50—70     | 56.7  |
|         | 2              | 4   | 13.5—15.0 | 14.3 | 85—110    | 96.3  |
|         | 3              | 4   | 16—22.0   | 17.8 | 130—260   | 176.3 |
| 蒙 古 红 鲌 | 2              | 2   | 16.2—17.2 | 16.7 | 48—80     | 64    |
|         | 3              | 10  | 21.3—25.5 | 23.4 | 105—215   | 142.5 |
|         | 4              | 6   | 28.0—33.0 | 30.8 | 310—470   | 400   |
|         | 5              | 1   | 30.0      | 30.0 | 550       | 500   |
| 红 鳍 鲌   | 1              | 5   | 10.8—12.2 | 11.4 | 14—18     | 17.4  |
|         | 2              | 10  | 12.0—16.5 | 14.0 | 24—60     | 37.9  |
|         | 3              | 4   | 15.5—17.5 | 16.6 | 52—75     | 63.3  |
|         | 5              | 1   | 16.5      | 16.5 | 60        | 60    |
| 鲢 鱼     | 1 <sup>+</sup> | 8   | 24.0—31.0 | 27.4 | 235—600   | 378   |
| 鳊 鱼     | 1 <sup>+</sup> | 5   | 29.0—26.5 | 26.2 | 250—500   | 345   |
| 草 鱼     | 1 <sup>+</sup> | 6   | 21.0—29.5 | 24.8 | 175—550   | 298   |
|         | 2 <sup>+</sup> | 6   | 33—42     | 37.7 | 850—1350  | 1100  |
|         | 4 <sup>+</sup> | 1   | 51        | 51.0 | 2500      | 2500  |
| 乌 鱼     | 1              | 2   | 17.5—22.0 | 19.8 | 55—135    | 95    |
|         | 2              | 16  | 20.0—27.5 | 23.9 | 105—270   | 200.9 |
|         | 3              | 5   | 32.0—37.0 | 32.8 | 400—700   | 480   |
|         | 5              | 1   | 51.0      | 51.0 | 1800      | 1800  |
|         | 6              | 3   | 53.0—56.0 | 54.0 | 2150—2350 | 2283  |
|         | 7              | 1   | 60.0      | 60.0 | 3050      | 3050  |

水补给,流域内居民点较多,植被较好,有丰富的有机物质和营养盐类流入湖内。年平均气温17℃,最高36.5℃,最低为3.4℃,为浅水富营养型湖泊。马湖属雷波县辖管,面积6.7平方公里,最大水深达134米,平均水深65.7米,蓄水量4亿多立方米,为我国已知第三深水湖,三面环山,湖盆陡,湖岸平直,大部是块石,砾石组成。湖水pH值为7.2—8.6。目前马湖是发电、灌溉和发展渔业综合利用的湖泊。

1982年5月下旬至6月上旬,中国科学院青藏高原综合科学考察队湖泊组,对横断山区的邛海和马湖进行了综合考察,本文仅是鱼类考察初步总结。

1. 种类:计采集到邛海鱼类标本20种,其中土著鱼类13种,外来种有7种,(见表1)历史记载邛海有34种鱼类,雅砻江有11种鱼类,安宁河有27种鱼类,在采集到的邛海鱼类中,除乌鱼外,其余种类安宁河都有记载。自海口河建闸以后,截断了湖河关系,使河湖洄游性鱼类绝迹,如白甲鱼、粗唇鲃等。主要经济鱼类有草、鲢、鳙、鲤、鲫、蒙古红鲃、红鳍鲃,乌鱼等。

马湖有鲤鱼、鲫鱼、鲢鱼、泥鳅和黄鳝五种鱼类,鱼类区系单纯。现有鱼类区系是在地壳构造运动影响下,湖盆逐步加深的过程中,保留下来的适应较强的种类。

2. 年龄与生长:从表2可以看出,测定了邛海8种鱼类的年龄与生长,鲤鱼20尾,年龄2—5冬龄;鲫鱼18尾,年龄1—3冬龄;蒙古红鲃19尾,年龄2—5冬龄;红鳍鲃20尾,年龄1—5冬龄;乌鱼22尾,年龄1—7冬龄;鲢鱼和鳙鱼分别测定了8尾和5尾,年龄均为1冬龄;草鱼13尾,年龄1—4冬龄。邛海为浅水湖泊,同长江中下游湖泊湖盆形态相似,但鱼类生长情况同长江中下游湖泊同种鱼类相比较,除乌鱼生长较快外,其余鱼类都较慢,如洪泽湖3冬龄鲤鱼平均体长为41.3厘米,平均体重为1600克,邛海3冬龄鲤鱼平均体长为20.4厘米,相差1倍多,平均体重217.5克,相差7倍多(见表2)。

测定了马湖的鲤鱼和鲢鱼的生长情况,鲤鱼生长速度缓慢,而鲢鱼生长则较快(见表3)。

表3 马湖鱼类生长情况

| 鱼名  | 年 龄         |     | 1   | 2         | 3         | 4         | 5         | 7         | 17   |
|-----|-------------|-----|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|
|     | 项 目         |     |     |           |           |           |           |           |      |
| 鲤 鱼 | 体 长<br>(厘米) | 范 围 | 9.3 | 10.2—11.8 | 12.0—18.5 | 16.2—18.5 | 18.5—26.5 | 22.5—34.5 |      |
|     |             | 平 均 | 9.3 | 10.9      | 14.5      | 17.7      | 20.9      | 27.2      | 50   |
|     | 体 重<br>(克)  | 范 围 | 8.0 | 20—32     | 38.0—170  | 110—150   | 165—430   | 305—850   |      |
|     |             | 平 均 | 8.0 | 24        | 77        | 134       | 256       | 496       | 2750 |
| 鲢 鱼 | 体 长<br>(厘米) | 范 围 |     | 30—40     | 40—47     |           |           |           |      |
|     |             | 平 均 |     | 31        | 43        |           |           |           |      |
|     | 体 重<br>(克)  | 范 围 |     | 300—550   | 600—900   |           |           |           |      |
|     |             | 平 均 |     | 368       | 720       |           |           |           |      |

邛海和马湖鱼类生长缓慢的原因:主要是饵料不足,如作为鲤鱼主要物食对象的黄鳊、螺类分布面积约1500亩,总生物量约32万斤,水蚯蚓、摇蚊幼虫在测点的样品中不丰富,水

草面积约6000亩。马湖沿岸带狭窄，没有水生植物分布，作为鲤鱼的饵料极为贫乏，螺类极少，水蚯蚓、摇蚊幼虫仅在个别测点样品中出现。在解剖的25尾鲤鱼食物中，从出现频率看，有机碎屑占64%（主要是陆生的），枝角类和挠足类占24%，水生昆虫类占28%，丝状藻类占16%，这样的饵料条件直接影响鲤鱼的生长速度。

### 3. 生殖:

(1) 产卵时期: 从解剖的鱼类性腺发育情况分析，邛海鱼类生殖时期主要集中在6—7月份，但鲫鱼生殖较早。马湖的鲤鱼也在6—7月份生殖，而以鲤鱼为食物对象的鲢鱼则在鲤之后8—9月份生殖，这样才能保证幼鱼有足够的饵料。

(2) 怀卵量: 测定了邛海鲤鱼、蒙古红鲌、乌鱼、红鳍鲌和马湖鲤鱼的怀卵量，邛海鱼类具有一般浅水富营养型湖泊鱼类繁殖力较高的特点。但是，马湖鲤鱼比邛海的鲤鱼繁殖力低（见表4）

表4 邛海、马湖鱼类怀卵量

| 鱼名    | 测定尾数 | 体长(厘米)    |      | 体 重(克)    |       | 年 龄  |     | 怀 卵 量(粒)     |        |
|-------|------|-----------|------|-----------|-------|------|-----|--------------|--------|
|       |      | 范 围       | 平 均  | 范 围       | 平 均   | 范围   | 平均  | 范 围          | 平 均    |
| 鲤 鱼   | 4    | 15.5—27   | 22.1 | 87—500    | 296.8 | 2—4  | 3.3 | 19000—328000 | 119450 |
| 蒙古红鲌  | 6    | 24—32     | 28.6 | 170—470   | 326.7 | 3—4  | 3.7 | 21900—81620  | 53943  |
| 乌 鱼   | 6    | 23—56     | 35.8 | 1800—2350 | 813   | 2—6  | 3.3 | 10500—112000 | 41588  |
| 红 鳍 鲌 | 12   | 10.8—17.5 | 14.4 | 18—75     | 43.4  | 1—5  | 2.3 | 3600—216000  | 31044  |
| 马湖鲤鱼  | 8    | 12.3—50   | 30.5 | 38—2750   | 1028  | 3—17 | 9.1 | 2760—216000  | 53788  |

### 4. 资源利用及其增殖途径:

五十年代邛海鱼类年产量在15万斤左右，资源还未充分利用。鱼类组成中，鲤鱼占总产量的50—60%，乌鱼占30%，其它鱼类占10—20%。自1965年起，放养草、青、鲢、鳙等鱼类，改变了原来的种类组成结构。由于过量投放草鱼，比例高达60%以上，导致水生植物资源遭到破坏，渔获物中草鱼成为优势成分。鱼年产量虽然一度高达50万斤，但以后逐年呈下降趋势，近年来，在20万斤左右。这次考察期间我们在西昌市鱼市场上统计结果：草、鲢、鳙等鱼类占43.9%，鲫鱼占16.4%，鲤鱼占5.2%，蒙古红鲌、乌鱼、红鳍鲌等肉食性鱼类占18%，其它鱼类占16.5%，鲤鱼降到次要地位。据西昌县志记载：“县南邛海，盛产鱼，海岸居民，每日渔，其中者约三四十人，其方法或用网，或用竹笼，若遇百余斤之鲤，则用钓之铁叉，平均日可得鱼2000斤，每岁三四月，条鱼常至浅海有水草处产卵，渔人即乘机昼夜工作。”说明在历史上邛海就盛产鲤鱼和条鱼，渔业也较为发展。

马湖鱼类组成，据考察期间统计结果：鲤鱼占71%，鲢鱼占27%，其它鱼占2%。捕捞网具是三层挂网，与鲤鱼分布水层不相适应，因而产量低，资源没能充分利用，目前年鱼产量只万斤左右。

增殖湖泊鱼类资源，是渔业利用的前题。六十年代以来，邛海采取了两项主要的增殖措施，即放流草、青、鲢、鳙四种家鱼和成立了湖泊管理机构，加强了对湖泊的管理。但是，鱼产量仍然上不去，分析原因主要有以下几方面：(1)放养四种家鱼改变了湖泊鱼类区系成分，因草鱼过量放养，比例高达60%，破坏了水生植被，敞水带扩大，水草面积缩小，改变

湖泊生态环境,导致鲤、鲫鱼资源下降,加之鲢、鳙鱼放养数量不足,敞水带没有得到充分利用。(2)捕捞强度过大,影响土著鱼类自然增殖。如捕捞船只1969—1970年仅100只,1973年发展到155只,1979年256只,1982年达320只,1969—1982年14年间增加3.2倍,而鱼产量并没有增加,表明邛海鱼类资源利用过度。(3)肉食性鱼类种群数量过大,蒙古红鲌、红鳍鲌和乌鱼等约占18%,这在食物链上是不合理的,它们除了掠食小型非经济鱼类外,对鲤、鲫等经济鱼类亦有影响。鲢条鱼在邛海有一定种群数量,资源利用不够,它同鳙鱼争食饵料,影响鳙鱼的生长速度。

马湖水深134米,为山谷型深水贫营养型湖泊。水的理化性质具有明显的温度分层和溶解氧分层特征,水温从5米至20米自20.5℃降到8.5℃,20米以下在8.5℃以下。溶解氧在5—20米水层变化很大,如第11号点5米为7.65毫克/升,10米为9.40毫克/升,20米为7.50毫克/升,以下逐步递减到130米溶解氧为零。湖水透明度一般在3.8米左右。补偿深度(一般为透明度的1.5倍)在6米左右,水温和溶解氧的垂直变化,影响到生物的垂直分布,实测结果,跃层以上为生产层,浮游动物以5—10米的水层中数量最多,平均值为169个/升,生物量为1.726毫克。马湖的鲤鱼资源丰富,其主要分布在10米以上的水层中,尤以5米以上水层分布数量最多。而目前马湖采用大型深水三层挂网,网下得深,结果网下得越深捕捞效果越差,是没有掌握鲤鱼分布特点之故。因而鲤鱼资源没有得到充分利用。

#### 5. 几点建议:

(1)采取繁殖、保护和人工放流鱼种相结合的增殖措施来增殖邛海鱼类资源。在以往繁殖、保护和放流鱼种工作经验的基础上,重点做好鲤、鲫产卵场的保护,继续恢复水生植被,扩大鲤、鲫鱼的产卵场所,以增殖鲤、鲫鱼资源。调整放流比例,将原来的放养比例:鲢:鳙:草:其他=4:3:2:1改成3:4:1.5:1.5,以增加鲢鱼和鳙、鲂鱼等的放养量,减少鳙鱼和草鱼的放养量,充分利用浮游植物资源和有利于水生植被的恢复。邛海具备太湖短吻银鱼的生长和繁殖的生物和非生物条件,目前在放养鱼种不足的情况下,引种太湖短吻银鱼到邛海,可以增加邛海鱼类资源。限制凶猛鱼类的发展,使其在渔获物中只占10%左右。

(2)建议马湖淘汰三层挂网,发展上层刺网,利用现存的鲤鱼资源。

(3)引种饵料生物。马湖为贫营养湖,饵料生物种类和数量都很贫乏。泸沽湖具有丰富的钩虾、螺类资源,建议将泸沽湖钩虾和螺类引种到马湖来生长。

(4)马湖水体中无机氮较丰富,如0.5米以上水体中在0.28毫克/升,而无机磷很贫乏仅为0.008毫克/升,水体中正常的氮磷比例为7.2:1。因此,适当提高磷的含量,能提高马湖原初生产力。

#### 参 考 文 献

- (1) 湖北省水生生物研究所鱼类室, 1974, 长江鱼类, 科学出版社。
- (2) 上海水产学院、山东海洋学院主编 1961, 水生生物学, 农业出版社。

**STUDIES ON THE FISHES OF QIONGHAI AND  
MAHU LAKE IN SICHUAN PROVINCE AND THEIR RATIONAL  
UTILIZATION**

Zuan Dadon                      Gao Lichun

Nanjing Geographical Institute Academia Sinica

Abstract

Qionghai and Mahu lake, situated in Liang Shan Autonomous prefecture, Sichuan province belonging to Jinshajiang river drainage basin. Qionghai is a shallow eutrophic lake, altogether 19 species of fishes were collected. Among them 11 species are endemic, namely: *Cyprinus carpio* (L.), *Carassius auratus* (L.), *Erythroculter mongolicus* (Basil.), *Ophiocephalus argus* (Cantor) and artificial stocking fishes. Among them *Hypophthalmichthys molitrix* (C. et V.) *Aristichthys nobilis* (Rich.) are most essential fishery objects. Mahu lake is a deep oligotrophic lake. There are 5 endemic species, *Cyprinus carpio* (L.) and *Silurus asotus* (L.) are dominant species and their yield is about 98 percent of the total fish catch.

The production of fishery in Qionghai has varied significantly since 1949. The fish harvest is decreased from 500,000 jin to about 200,000 jin. The production of carp decreases from 50-60 percent to 5 percent of the total amount of catchment. Some endemic species become endangered. On purpose of rational utilization of fishery resources we suggest that the fish culture and fish conservation must be strengthened. The ratio of population of different species of fish must be regulated and *Neosalanx fankanensis taihuensis* (Chen) could be introduced from Taihu. The fish culture of gill will be developed in Mahu-lake and protection of carp must be strengthened.

## 56. 马湖的水化学状况及其对渔业生产影响<sup>①</sup>

胡文英 潘红玺

(中国科学院南京地理研究所)

马湖位于四川省凉山彝族自治州雷波县东黄琅镇西南,东经 $103^{\circ}46' - 47'$ 、北纬 $28^{\circ}23' - 26'$ ,地跨黄琅、马湖两个公社。湖泊南北长约5.6公里,东西平均宽约1.3公里,面积为6.7平方公里。平均水深65.7米,最大水深134米,在我国已知的深水湖中,仅次于吉林省白头山天池,云南抚仙湖位居第三位。

马湖水化学野外考察工作从1982年6月2日开始至8日结束。全湖布设了9个采样点(图1),分表(湖面下0.5米)、底(湖底上0.5米)两层采样。有些测点分0.5、10、20、50、100米、底层采样。调查期间,采集湖水样40个、河水水样3个、雨水水样1个,分析了主要离子,溶解性气体,营养元素等21个项目,分析方法主要参照“水质分析法”一书进行。

### 一、矿化度和水型

#### 1. 矿化度:

马湖湖水属弱矿化淡水,实测全湖平均值表层为 $75.31 \text{毫克} \cdot \text{升}^{-1}$ ,底层为 $89.08 \text{毫克} \cdot \text{升}^{-1}$ 。平面分布差异甚小,表层各测点最大差值为 $5.19 \text{毫克} \cdot \text{升}^{-1}$ ,最小差值不足1毫克 $\cdot \text{升}^{-1}$ 。分布趋势以湖西北部最高,东北部次之,南部最低。垂直分布颇明显,表、底层最大差值可达 $16.98 \text{毫克} \cdot \text{升}^{-1}$ ,平均差值为 $12.28 \text{毫克} \cdot \text{升}^{-1}$ ,“表1”。矿化度随着水深的增加而增高。湖水越深,矿化度的变化幅度越大(图2)。

#### 2. 主要离子和水型:

马湖湖水中主要离子以重碳酸根,钙离子为主,它们是组成矿化度的主要成分,分别占阴阳离子毫克当量的总和的44.62%, 31.76%, “表2”。其离子比为 $\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}:\text{Na}^{+}:\text{K}^{+}=20.89:7.42:4.12:1.0$ ;  $\text{HCO}_3^{-}:\text{SO}_4^{2-}:\text{Cl}^{-}=28.42:1.9:1.0$ 。按O. A. 阿列金分类法,马湖水应属重碳酸盐类钙组I型水,即:  $\text{C}_{\text{I}}^{\text{Ca}} \begin{smallmatrix} 0.82 \\ 0.075 \end{smallmatrix}$ 型。

主要离子的平面分布都比较均一。垂直分布通常出现两种情形:(1)重碳酸根、钙、镁离子常随水深的增加而增高,其中以重碳酸根、钙离子的垂直变化更明显些,表层水中,重碳酸根为 $50.83 - 53.33 \text{毫克} \cdot \text{升}^{-1}$ ,钙离子为 $11.56 - 12.93 \text{毫克} \cdot \text{升}^{-1}$ ;底层水中,重碳酸根为 $56.63 - 66.21 \text{毫克} \cdot \text{升}^{-1}$ 、钙离子为 $12.44 - 15.43 \text{毫克} \cdot \text{升}^{-1}$ 。(2)钾、钠、氯根、硫酸根离子的含量各水层差异较小,有时甚至完全相同。图3。

#### 3. 影响因素的初步分析:

马湖的气候条件是决定湖水矿化度低的主要因素。马湖流域气候湿润,雨日长达200多天,多年平均年降水量在1000毫米以上,而水面多年平均年蒸发量只有600多毫米,平均相

<sup>①</sup> 胡洪云同志参加室内部分分析工作,季江同志提供了有关资料,周维功同志负责清绘,高礼存、庄大栋等同志协助野外工作,一并致谢

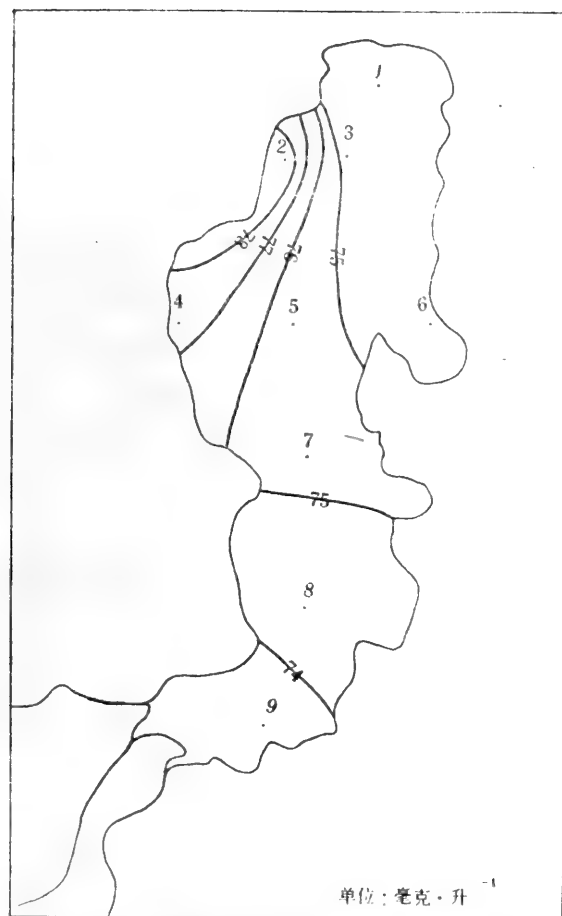


图1 表层矿化度平面分布图(附测点)

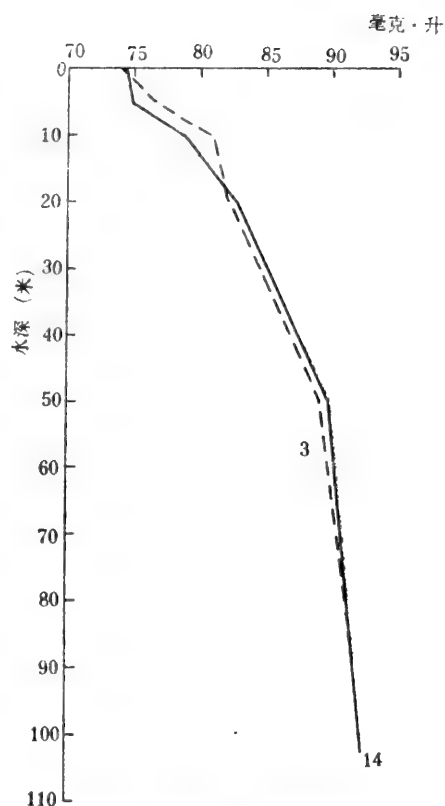


图2 马湖矿化度垂直变化  
(图上数字为测点代号)

表1 矿化度的垂直变化①

单位: 毫克·升<sup>-1</sup>

| 层 次 | 取 样 深 度   | 最 低 值 | 最 高 值 | 平 均 值 |
|-----|-----------|-------|-------|-------|
| 表 层 | 湖面下 0.5 米 | 73.63 | 75.41 | 74.52 |
| 底 层 | 湖底上 0.5 米 | 81.20 | 92.39 | 86.80 |

①垂直分层测点资料

对湿度超过85%。降水的矿化度较低,随降水入湖的矿物质少,据实测雨量筒内降水矿化度为20.42毫克·升<sup>-1</sup>。

湖周的围岩特性及径流补给对湖水矿化度也有一定的影响。马湖的围岩有玄武岩、灰岩、砂页岩,主要是玄武岩。玄武岩中含有的可溶性成分较石灰岩少一些,岩石中所含矿物质一般不易随地表径流进入湖泊中。调查期间,实测三条入湖河流的矿化度变化在23.76—55.64毫克·升<sup>-1</sup>之间,水型均为C<sub>I</sub><sup>Ca</sup>型。与马湖的水型完全相同。

马湖湖泊面积小,湖岸线比较平直,导致了矿化度和水型平面分布的均一性。而湖水较

表2 马湖水各测点主要离子的平均含量 (1982年6月)

| 离子                            | 毫克·升 <sup>-1</sup> | 毫克当量·升 <sup>-1</sup> | 毫克当量%  |
|-------------------------------|--------------------|----------------------|--------|
| K <sup>+</sup>                | 1.14               | 0.029                | 1.52   |
| Na <sup>+</sup>               | 2.74               | 0.120                | 6.27   |
| Ca <sup>2+</sup>              | 12.09              | 0.608                | 31.76  |
| Mg <sup>2+</sup>              | 2.62               | 0.216                | 11.28  |
| CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | 0                  | 0                    | 0      |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 52.10              | 0.854                | 44.62  |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 2.69               | 0.057                | 2.98   |
| Cl <sup>-</sup>               | 1.05               | 0.030                | 1.57   |
| 总计                            | 74.43              | 1.914                | 100.00 |

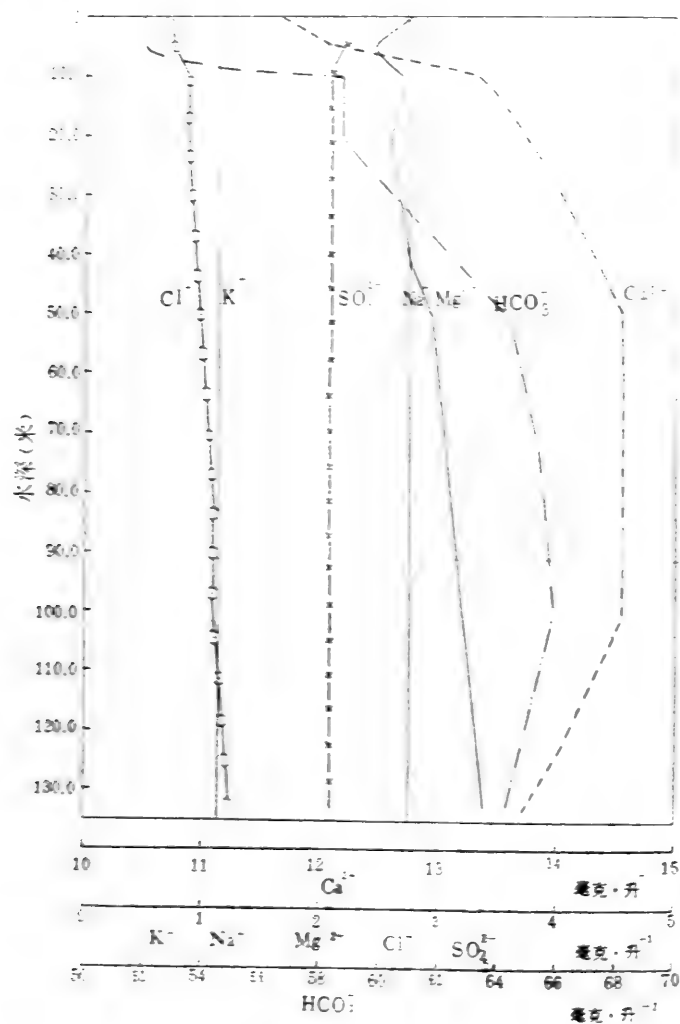


图3 主要离子垂直分布



深，加上温跃层的存在，一定程度上影响了表、底层湖水的交换更替，使矿化度、重碳酸根、钙、镁离子均呈现出一定的垂直变化规律。

## 二、湖水营养状况

马湖为一条长形的断陷堰塞湖，处于两山之间，除高山有些水源林外，近湖低山植被稀疏，岩石裸露，可耕地面积小，沿湖居民点少，外源营养物质对湖水的补给量较少，因此，马湖的水质从总体上看是较为贫瘠的。但是，湖西北部，受高山水源林及滨湖农田回归水影响，该水域中营养物质的含量较其它水域略高。

### 1. 营养元素：

湖水中氮、磷、硅元素的含量普遍较低，铁未检出。以绝对含量相比较，其顺序为：硅>氮>磷>铁。

#### (1) 硅：

湖水中硅的含量通常以二氧化硅 ( $\text{SiO}_2$ ) 表示。马湖湖水中实测值表层为 0—2.80 毫克·升<sup>-1</sup>，底层为 0.96—7.28 毫克·升<sup>-1</sup>，表层略低于底层，表 3。硅的平面分布以湖中部，西北部较高，一般为 2.0—3.0 毫克·升<sup>-1</sup>，南部及东北部较低，均在 0.5 毫克·升<sup>-1</sup> 以下。

表 3 营养物质的垂直变化

单位：毫克/升

| 层 次 | 三态氮  | $\text{NH}_3\text{-N}$ | $\text{NO}_2^-\text{-N}$ | $\text{NO}_3^-\text{-N}$ | $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ | $\text{SiO}_2$ | 总硬度<br>毫克当量/升 | 有机物耗氧量 |
|-----|------|------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------|---------------|--------|
| 表 层 | 0.28 | 0.09                   | 0.03                     | 0.15                     | 0.008                       | 1.32           | 2.296         | 2.07   |
| 底 层 | 0.34 | 0.20                   | 0.003                    | 0.14                     | 0.003                       | 2.96           | 2.703         | 2.59   |

#### (2) 氮：

三态氮总量包括硝酸态氮、亚硝酸态氮、氨态氮的总和。表层实测值为 0.28 毫克·升<sup>-1</sup>，底层实测值为 0.34 毫克·升<sup>-1</sup>，表层略低于底层。三态氮的平面分布表层以湖南部最低，含量在 0.20 毫克·升<sup>-1</sup> 以下；北部水域含量略高，一般变动在 0.20—0.40 毫克·升<sup>-1</sup>；尤其是湖西北部含量最高，实测值为 0.45 毫克·升<sup>-1</sup>，图 4。三态氮的存在形态表、底层有着明显的差异，表层水中因含氧丰沛，Z<sub>h</sub> 值大于 400 毫伏，为氧化环境，三态氮以硝酸态氮为主，占三态氮总量的 56%。底层水中氧较缺乏，Z<sub>h</sub> 值小于 300 毫伏，为弱氧化环境，三态氮以氨态氮为主，占三态氮总量的 58.31%。

#### (3) 磷：

湖水中磷元素的含量通常以磷酸根表示。马湖水中无机磷含量一般为 0.003—0.01 毫克·升<sup>-1</sup>，南部入水口处较低，未检出。湖心含量最高为 0.016 毫克·升<sup>-1</sup>。垂直分布是表层略高于底层，实测平均值表层为 0.008 毫克·升<sup>-1</sup>，底层为 0.003 毫克·升<sup>-1</sup>。

### 2. 有机物耗氧量：

马湖水中有机物耗氧量较低，多数测点的实测值均低于 2.0 毫克·升<sup>-1</sup>。全湖仅 6、8 两个测点的含量较高，分别为 4.80、7.52 毫克·升<sup>-1</sup>。平面分布的变化趋势有机物耗氧量与无机氮大致相同。据表层实测的 9 组数据分析，无机氮与有机物耗氧量之间有着较好的相关关系： $y = 0.042x + 0.1579$ ，相关系数为： $r = 0.8609$ 。

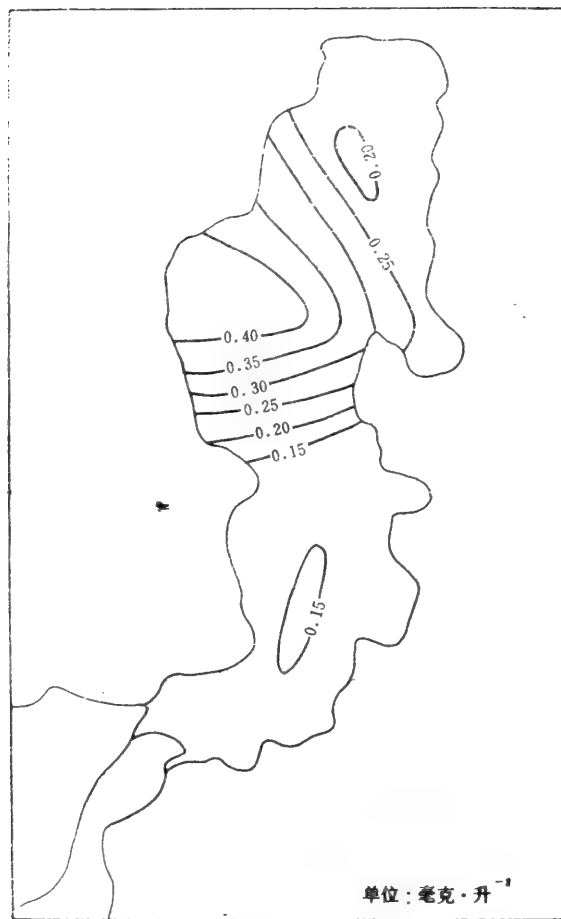


图4 三态氮的平面分布

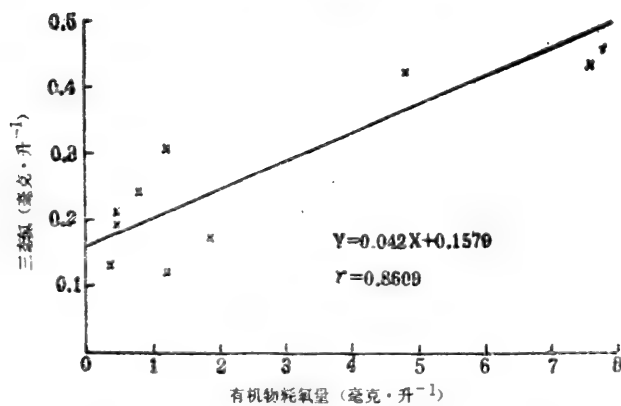


图5 三态氮、有机物耗氧量相关图

### 3. 总硬度:

马湖总硬度低, 全湖实测值均低于 $1.0$ 毫克当量 $\cdot$ 升 $^{-1}$ , 相当于 $2.3$ — $2.7$ 个德国度, 属极软水。总硬度有一定的平面垂直分布, 变化趋势与矿化度基本相似。

### 4. 初级生产力黑白瓶试验:

调查期间，曾用黑白瓶法测定了马湖的初级生产力，“表4”。表中所列数据表示：（1）马湖初级生产力是较低的。白瓶内由光合作用产生的氧气值与同层黑瓶内浮游植物和细菌呼吸值大致相等，纯产氧量趋近于“零”。这一方面由于观测日是阴雨天气，光照强度弱，光合作用所产生的氧气量偏低所致，另一方面也反映了湖水中藻类的数量是较少的。（2）六月份马湖实际生产水层即光合作用层为2.5—5.0米水层，此层光合作用及呼吸作用产生或消耗的氧气量相比较其它水层多一些，表示此水层是浮游生物比较集中的水层。

表4 马湖六月份黑白瓶内氧量测定值 单位：毫克·升<sup>-1</sup>

| 水 深<br>(米) | 开始时湖<br>水中含氧量 | 终止时白瓶<br>含氧量 | 终止时<br>黑瓶含氧量 | 浮游动植物和<br>细菌呼吸值 | 光合作用过程<br>中产生氧气值 | 有机物质<br>纯产氧量 |
|------------|---------------|--------------|--------------|-----------------|------------------|--------------|
| 0.5        | 7.34          | 7.23         | 7.22         | 0.12            | 0.01             | - 0.11       |
| 2.5        | 7.37          | 7.37         | 7.14         | 0.23            | 0.23             | 0            |
| 5.0        | 7.81          | 7.71         | 7.30         | 0.51            | 0.41             | - 0.10       |
| 10.0       | 8.99          | 8.90         | 8.93         | 0.06            | - 0.03           | - 0.09       |
| 20.0       | 7.22          | 7.22         | 7.12         | 0.10            | 0.10             | 0            |

三、湖水的化学成层

湖泊水体中化学成层现象的发生，与湖泊形态，湖泊深度及湖泊中发生的热力学、动力学过程密切相关。浅水流通湖常因湖水的不断更替，表、底层水体交换频繁，全湖化学状态比较均一。深水湖因湖水更替较缓慢，且常有温跃层发生，在温跃层附近由于静力稳定度较大，不利于水体的上下交换，因而产生明显的化学成层。

马湖是一小型深水湖，湖的西南部有三条进水河流，湖北头的天然堆塞坝上有一由人工控制的出水口，常年水位较稳定，水量变动小，水质的更替较弱。调查期间，透明度2—3米，太阳辐射的加热作用仅限于表层几米之内。加之，湖泊面积小，风力扰动相对较弱。因此，马湖的温跃层一般出现在4—20米，水化学也有明显的成层现象，从实测资料分析大致可分上层（0—10米）、中层（湖面下10—50米）和下层（湖面下50米至底层）三层。

上层：

上层又可分两个亚层，即表层和光合作用层。

表层湖水直接与空气接触，湖水中溶解性气体与湖面上该气体的分压基本上处于平衡状态。据实测资料马湖表层水中溶解氧平均含量为7.16毫克·升<sup>-1</sup>，饱和度为93.72%。游离二氧化碳为1.36毫克·升<sup>-1</sup>，比按理论计算的同温同压状况下，在水中的溶解量略高。pH值变动在7.2—7.92之间，平均值为7.62，湖水呈中性、微碱性。Eh值为420—450毫伏，rH<sub>2</sub>值为28—29。水体中营养物质的含量低于底层，略高于其它水层。

光合作用层为水面下0.5—10米水层。此层湖水不仅可以从表层直接纳入不少溶解性气体，而且由于生物的光合作用不断消耗水中的游离二氧化碳，放出氧气，增加了湖水中溶解氧的含量。据实测此层溶解氧的含量是各层水体中最丰富的，含量变动在7.13—9.17毫克·升<sup>-1</sup>之间，饱和度为92.63—105.77%；游离二氧化碳是各层水体中实测值最低的，为0.44

$-1.10 \text{ 毫克} \cdot \text{升}^{-1}$ 。pH值呈微碱性，变动在7.75—8.15之间。Eh值为450—500毫伏， $rH_2$ 值为30左右。

上层湖水的理化条件对发展湖泊中水生生物是比较适宜的。此层湖水中溶解氧丰富，不仅有来自大气中的氧气，而且还有生物光合作用中产生氧气的补给。湖水酸碱度呈中性、微碱性。氧化还原电位显示湖水呈氧化状态。生物生长所需的营养物质可以从流域范围内得到补充。一些还原性物质及有机物质在碱性氧化介质条件下，能迅速分解和被氧化，成为被浮游生物直接利用的营养盐。因此，上层水体是浮游生物生存的良好水域，据垂直分层资料浮游动物在0.5、5、10米水层的平均值分别为237、123、172个/升，三者之和约占总数的98%。由于此层饵料基础较丰富。所以，这里是马湖鱼类摄食和生存的主要场所。

#### 中层：

中层系指湖面下10—50米水层。此层湖水受温跃层阻隔，与上层水体的交换受到一定限制，湖上层的溶解性气体难以进入此层水中。但由于气体分子的扩散和运动，能将上层水体中部分气体带入中层水体的上部。据实测湖面下20米处，溶解氧尚有 $7.5 \text{ 毫克} \cdot \text{升}^{-1}$ 左右，饱和度为75%；游离二氧化碳为 $1.3—2.1 \text{ 毫克} \cdot \text{升}^{-1}$ ，pH值为7.3—7.55，Eh值为450毫伏以下， $rH_2$ 值在29左右。湖中层的下部在温跃层位置之下，又缺乏与上层水体相通的条件，溶解氧急剧减少，据实测湖面下50米处，溶解氧低于 $1 \text{ 毫克} \cdot \text{升}^{-1}$ 。游离二氧化碳为 $2.0—2.5 \text{ 毫克} \cdot \text{升}^{-1}$ ；pH值6.9—7.0；Eh值为350毫伏左右， $rH_2$ 值为23—26。

中层水体的化学状况对水生生物的生长不太有利。该层溶解氧含量低，递降速度快，平均每米降低 $0.22 \text{ 毫克} \cdot \text{升}^{-1}$ 。其它化学要素的变化也较明显。生物为了生存苦于调节以适应不断变化着的外界环境，生长受到了一定的限制。据垂直分层资料，湖面下20米处浮游动物的平均值为10个/升，仅占总数的2%。湖面下50米处未见有浮游动物。显然，中层水体的化学状况及饵料基础，对食浮游生物为主的鱼类生长是不太有利的。

#### 下层：

下层即湖面50米以下水体，基本上处于静止状态。这里既缺乏与大气直接发生交换的条件，又与上层水体有较大距离，为气体分子运动所不能涉及的水层。相反，这里却进行着有机物质的分解，需要消耗氧气并放出一定的二氧化碳。据实测马湖湖面下水深50—100米处，溶解氧含量很低，为 $0.12—0.20 \text{ 毫克} \cdot \text{升}^{-1}$ 。水深100米以下水层为无氧区，游离二氧化碳为 $2.64—4.62 \text{ 毫克} \cdot \text{升}^{-1}$ ；pH值为6.0—6.95，呈微酸性至中性；氧化还原电势大大降低，Eh值多数低于300毫伏， $rH_2$ 值为20—25。湖水中营养物质比其它水层丰富，尤其是有机质和氨态氮的含量是各水层中最高的。

下层水体的化学状况使大多数水生生物的生长受到限制，鱼类无法生存。在缺氧条件下，绝大多数生物会窒息死亡，湖水中的有机物质难以分解，还原性物质难以氧化，因此，底层水中即使有丰富的营养物质，也难以被生物吸收和利用。湖水呈微酸性，对生物的生长也是不利的。据一些资料记载，当pH值降至6.0以下时，一些大型枝足类便无法生存，许多有益微生物的活动也受阻抑，固氮活性下降，有机物分解矿化速率减低，物质循环效率变小。据垂直分层资料下层水体中未见有浮游动物，另据马湖鱼场多次用三层挂网捕鱼，底层的捕获量是极少的。

#### 四、对渔业生产的影响

综前所述, 马湖湖水清澈透明, 且具有矿化度, 总硬度低, 湖水中溶解氧充沛, 有机物耗氧量低, 水体中还原性物质少等特点, 属尚未遭受污染的清洁水, 宜用于工农业生产用水及人民生活饮用水的水源。但是, 马湖的贫营养状况和化学成层现象在一定程度上影响了马湖渔业生产的发展。

1. 马湖是一半封闭型的山间盆地型深水湖, 湖水透明度大, 水色呈蓝—绿色。马湖水中所含各种无机盐类, 营养物质与国外有关学者所提出的分类指标相比较, 无机盐类不太缺乏, 与同类湖泊相比, 营养物质含量较低, 尤其是磷, 铁含量特别低。湖中有机物耗氧量及初级生产力也不高, 浮游动物种类和数量均较少。因此, 马湖无论从湖泊形态, 湖水的理化性质, 初级生产力及生物的种类与数量看, 均应属于贫营养型湖泊。

2. 马湖的贫营养状况, 尤其是铁、磷的缺乏在一定程度上限制了鱼类饵料基础——藻类的发展。日本学者板本在综合各国研究成果的基础上指出, 当氮、磷的比值为10—15范围时, 藻类的生长与氮、磷含量存在着直线关系。马湖由于磷的缺乏, 氮、磷比为35:1, 可能对藻类的繁殖不利。

3. 马湖的水化学分层现象较明显。湖水的理化性质除了对绝大多数生物比较合适外, 中层及下层水体的湖水理化性质对多数生物都是不太适宜的。特别是下层水体中严重的缺氧状态, 会使鱼类和多数生物窒息死亡。酸性无氧的介质环境不利于有机物质的分解, 使湖泊中营养物质的循环受到一定限制。

综合利用马湖水资源, 最大限度地发挥其经济效益, 发展养殖事业是一条可探索的途径。要发展养殖事业, 必须尽快恢复湖周的水源林, 以增加湖水中营养物质的来源。此外, 可考虑采取措施, 例如在湖滨农田施用一些磷肥适当增加湖水中磷的含量, 使氮、磷比例向有利于藻类发展的方面转化, 不致于造成湖水富营养化。考虑到湖水化学分层的特点, 放养鱼种宜为食浮游生物为主的鱼类, 充分利用上层水体中的有利理化环境及饵料基础, 可以达到鱼类增殖的目的。

#### 参 考 文 献

- (1) 中国医学科学院卫生研究所编著 1974, 水质分析法, 人民卫生出版社, 72。
- (2) O. A. 阿列金, 1960, 水文化学原理, 地质出版社, 80—115。
- (3) 湛江水产专科学校主编, 1980, 淡水养殖水化学, 农业出版社。
- (4) 刘天厚, 马湖鱼类资源初步调查报告, 四川水产 1981 (1)。
- (5) 徐墨耕、任云峰编译, 1958, 淡水养殖水化学, 科学技术出版社。
- (6) 刘世英, 初级生产力结果的换算, 淡水渔业, 1981 (1)。

# HYDROCHEMICAL CONDITIONS AND ITS INFLUENCE ON FISHERY OF MAHU LAKE

Hu Wenying      Pan Hongxi

Nanjing Institute of Geography, Academia Sinica

## Abstract

Basing on the data obtained from the field work and stationary observation during the period of June 2-8 1982, the hydrochemical condition and its influence on fishery of Mahu lake have been analysed as follows:

1. The water mineralization of Mahu lake is between  $70-90\text{mg l}^{-1}$ . The main ions are the  $\text{HCO}_3^-$  and  $\text{Ca}^{2+}$  with the type of water being  $\text{C}_{\text{I}}^{\text{Ca}} \begin{matrix} 0.82 \\ 0.075 \end{matrix}$

2. Since this lake is deficient in nutrient elements, no iron has been found and inorganic phosphorus amounts to  $0.003-0.008 \text{ mg.l}^{-1}$  only. Both the consumed oxygen of organic matter and total hardness are comparatively low, and the preliminary productivity tends to zero.

3. According to chemical analysis, the lake water may be divided into three layers. The dissolved oxygen of the upper layer is rich, pH 7.2-7.9, Eh 450-500 mv. This layer is suitable for fish and plankton. The dissolved oxygen of the middle layer between 1.0 to 7.5  $\text{mg.l}^{-1}$ , pH 6.9-7.5, Eh 350-450 mv. Since the chemical condition of this layer changes more greatly than that of the upper layer, this layer is not so suitable for fish and plankton to survive. The dissolved oxygen of the bottom layer tends to zero with pH 6.0-6.9 and Eh value below 300 mv. This layer is unsuitable for most living beings.

4. Owing to the oligotrophic condition and the chemical stratification, Mahu lake is unfavourable for fishery. In order to develop culture fishery, the chemical characteristics of lake-water should be taken into account. It is suggested that the best way for development of culture fishery is to breed more fishes feeding on plankton, properly increase nutritions substances, especially phosphorus, and make the ratio of nitrogen to phosphorus suitable for the development of algae-the fish bait.

## 57. 马湖的浮游动物<sup>①</sup>

张立 郭晓鸣

(中国科学院南京地理研究所)

马湖界于东经 $103^{\circ}46'—47'$ 、北纬 $28^{\circ}23'—26'$ ，在四川省凉山彝族自治州雷波县境内。湖面海拔1100.1米，南北长约5.6公里，东西平均宽约1.3公里，面积约6.7平方公里，平均水深65.7米，最大水深134米，蓄水量4亿多立方米。马湖系断陷—堰塞湖，东、西、南三面环山，山上植被良好。北面有一天然玄武岩的石坝。坝已凿开，筑有水闸，以引湖水发电和灌溉。入湖河流有三条均位于湖的南端。湖水蓄泄已由人工控制，水位较为稳定。湖区属亚热带气候，湿润多雨，年降水量约1200毫米。湖水透明度1.2—3.8米，pH值7.2—8.0，矿化度75.31毫克/升，湖内水草稀少。

### 一、采样和镜检方法

1982年6月中国科学院青藏高原综合科学考察队湖泊组至此湖考察，采集了浮游动物水样。

全湖共布设12个采集点(见图1)。定性水样采用13号和25号筛绢制作的浮游生物网，在各采集点表层拖取。定量水样则用颠倒采水器(容积1升)采取。12个采集点中，除第3、6、9等3个点分别采了7层(水深0.5、5.0、10.0、20.0、50.0、80.0和100.0米)外，其余均只采0.5米一层。定性水样用4%甲醛溶液固定和保存，镜检5片记录所见种类。定量水样用鲁哥氏液固定，经24小时静置沉淀，用虹吸法浓缩至30毫升；计数原生动物和轮虫每次取0.1毫升，共数3次取其平均值，枝角类和桡足类则用全部浓缩水样计数。



图1 马湖采集点分布图

### 二、浮游动物种类和数量

经初步鉴定共见浮游动物33种。其中原生动物6种，轮虫17种(尚有几种有待鉴定)，枝角类8种，桡足类2种。各种浮游动物在各点的出现情况见表1。

<sup>①</sup> 承本所庄大栋、高礼存同志提供水样；季江、胡文英、潘红玺同志提供湖盆形态和水化学数值；张辉玉同志清绘文中插图，作者在此表示衷心感谢

表1 马湖各采集点浮游动物出现情况表

| 种<br>类                                                                | 采 集 点 号 |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |  |
|-----------------------------------------------------------------------|---------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|--|
|                                                                       | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 | 10 | 11 | 12 |  |
| 原生动物<br>Protozoa                                                      |         |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |  |
| 表壳虫<br><i>Arcella</i> sp.                                             |         |   |   |   |   | + |   |   |    |    |    |  |
| 砂壳虫<br><i>Diffugia</i> sp.                                            |         |   |   |   |   |   |   |   | +  |    |    |  |
| 钟形虫<br><i>Vorticella</i> sp.                                          | +       | + | + | + | + | + | + | + | +  | +  | +  |  |
| 累枝虫<br><i>Epistylis</i> sp.                                           | +       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |  |
| 后柱虫<br><i>Opithostyla</i> sp.                                         |         |   |   | + |   |   |   |   |    |    |    |  |
| 侠盗虫<br><i>Strombidium</i> sp.                                         |         |   |   | + |   |   |   |   |    |    |    |  |
| 轮虫<br>Rotifera                                                        |         |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |  |
| 钝角狭甲轮虫<br><i>Colurella obtusa</i> (Gosse)                             |         |   |   |   |   |   |   | + |    |    |    |  |
| 双尖钩状狭甲轮虫<br><i>Colurella uncinata form bicuspidata</i><br>(Ehrenberg) |         |   |   |   |   |   |   |   |    | +  |    |  |
| 卵形鞍甲轮虫<br><i>Lepadella ovalis</i> (Müller)                            |         |   |   | + | + |   |   |   |    |    |    |  |
| 臂尾轮虫<br><i>Brachionus</i> sp.                                         |         |   |   |   |   |   |   |   |    | +  |    |  |
| 螺形龟甲轮虫<br><i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)                         | +       | + | + | + | + | + | + | + | +  | +  | +  |  |
| 矩形龟甲轮虫<br><i>Keratella quadrata</i> (Müller)                          |         |   | + |   |   | + |   | + |    |    |    |  |
| 月形腔轮虫<br><i>Lecane luna</i> (Müller)                                  |         |   |   |   |   |   |   | + |    |    |    |  |
| 腔轮虫<br><i>Lecane</i> sp.                                              |         |   |   |   |   |   |   |   | +  |    |    |  |



续表 1

| 种<br>类                                                | 采 集 点 号 |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |  |
|-------------------------------------------------------|---------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|--|
|                                                       | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 | 10 | 11 | 12 |  |
| 尖趾单趾轮虫<br><i>Monostyla closterocera</i> Schmarda      |         |   |   |   |   |   |   |   |    | +  |    |  |
| 单趾轮虫<br><i>Monostyla</i> sp.                          |         | + |   |   |   |   |   |   | +  |    |    |  |
| 唇形叶轮虫<br><i>Nothola labis</i> Gosse                   |         |   |   | + | + |   |   |   |    |    |    |  |
| 晶囊轮虫<br><i>Asplanchna</i> sp.                         | +       | + | + | + | + | + | + | + | +  | +  | +  |  |
| 高跻轮虫<br><i>Scaridium longicaudum</i> (O.F.Müller)     |         |   |   |   | + | + |   |   |    |    |    |  |
| 彩胃轮虫<br><i>Chromogaster</i> sp.                       |         |   | + |   | + | + | + | + | +  | +  |    |  |
| 同尾轮虫<br><i>Diurella</i> sp.                           |         |   |   |   |   |   |   |   |    | +  |    |  |
| 针簇多肢轮虫<br><i>Polyarthra trigla</i> Ehrenberg          |         |   | + |   |   | + |   | + |    |    |    |  |
| 长三肢轮虫<br><i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg)         |         |   | + |   |   |   |   | + |    |    | +  |  |
| 枝角类<br><i>Gladicaera</i>                              |         |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |  |
| 短尾秀体蚤<br><i>Diphanosoma brachyurum</i> (Liéven)       | +       | + | + | + | + | + | + | + | +  | +  | +  |  |
| 长刺蚤<br><i>Daphnia longispina</i> (O.F.Müller)         | +       | + | + | + | + | + | + | + | +  | +  | +  |  |
| 壳纹船卵蚤<br><i>Scapholebris mucronata</i> (O.F.Müller)   |         |   | + |   |   |   |   | + | +  | +  |    |  |
| 钩弧网纹蚤<br><i>Ceriodaphnia hamata</i> Sars              | +       | + | + | + | + | + | + | + | +  | +  | +  |  |
| 方形网纹蚤<br><i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O.F.Müller) |         |   |   |   | + |   | + | + | +  |    |    |  |
| 筒弧象鼻蚤<br><i>Bosmina coregoni</i> Baird                | +       | + | + | + | + | + | + | + | +  | +  | +  |  |
| 点滴尖额蚤<br><i>Alona gutata</i> Sars                     |         |   |   |   |   |   |   |   |    |    | +  |  |

续表 1

| 种 类                                                           | 采 集 点 号 |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |  |
|---------------------------------------------------------------|---------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|--|
|                                                               | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 | 10 | 11 | 12 |  |
| 肋形尖额蚤<br><i>Alona costata</i> Sars                            |         |   |   |   |   |   |   |   |    | +  |    |  |
| 桡足类<br><i>Copepoda</i>                                        |         |   |   |   |   |   |   |   |    | +  |    |  |
| 凉山荡镖水蚤<br><i>Neurodiaptomus lianshanensis</i> Shen<br>et Song | +       | + | + | + | + | + | + | + | +  | +  | +  |  |
| 短尾温剑水蚤<br><i>Thermocyclops brevifurcatus</i> Harada           |         | + | + |   |   | + |   | + | +  |    | +  |  |

浮游动物种类中，以钟形虫、螺形龟甲轮虫、晶囊轮虫、短尾秀体蚤、长刺蚤、钩弧网纹蚤、筒弧象鼻蚤和凉山荡镖水蚤等出现率最高，且在湖边和湖心的采集点均有出现。

浮游动物数量：0.5米层10个点的平均值为189个/升，生物量<sup>①</sup>1.1736毫克。其中原生动物20个/升，生物量0.0006毫克；轮虫130个/升，生物量0.039毫克；枝角类16个/升，生物量0.574毫克；桡足类23个/升，生物量0.56毫克。各点的数量见下表：

表 2 马湖各采集点0.5米层浮游动物数量表      单位：数量，个/升 生物量，毫克

| 采集点号 | 水深<br>(米) | 水温<br>(℃) | 透明度<br>(米) | 水色号   | pH  | 原生动物 |       | 轮 虫 |      | 枝 角 类 |      | 桡 足 类 |       | 总 量 |       |
|------|-----------|-----------|------------|-------|-----|------|-------|-----|------|-------|------|-------|-------|-----|-------|
|      |           |           |            |       |     | 数量   | 生物量   | 数量  | 生物量  | 数量    | 生物量  | 数量    | 生物量   | 数量  | 生物量   |
| 1    | 21.4      | 22.2      | 3.6        | 7     | 7.5 | 0    | 0     | 0   | 0    | 8     | 0.26 | 11    | 0.212 | 19  | 0.472 |
| 3    | 88.7      | 22.3      | 3.5        | 7     | 7.8 | 0    | 0     | 0   | 0    | 7     | 0.21 | 11    | 0.212 | 18  | 0.422 |
| 5    | 8.5       | 22.5      | 3.0        | 8     | 7.9 | 0    | 0     | 200 | 0.06 | 11    | 0.39 | 27    | 0.78  | 238 | 1.23  |
| 6    | 131.5     | 22.3      | 3.0        | 7     | 7.7 | 0    | 0     | 100 | 0.03 | 16    | 0.58 | 36    | 1.04  | 152 | 1.65  |
| 7    | 61.0      | 22.1      | 2.2        | 10    | 7.9 | 0    | 0     | 100 | 0.03 | 25    | 0.84 | 17    | 0.628 | 142 | 1.498 |
| 8    | 56.7      | 21.5      | —          | 12    | —   | 0    | 0     | 100 | 0.03 | 21    | 0.83 | 33    | 0.54  | 154 | 1.4   |
| 9    | 102       | 21.5      | 1.3        | 13—14 | 7.7 | 0    | 0     | 400 | 0.12 | 8     | 0.27 | 19    | 0.30  | 427 | 0.69  |
| 10   | 68.5      | 21.8      | 1.3        | 14    | —   | 0    | 0     | 100 | 0.03 | 12    | 0.40 | 25    | 0.436 | 137 | 0.866 |
| 11   | 2.0       | 21.6      | 1.2        | 15    | 7.2 | 0    | 0     | 200 | 0.06 | 31    | 1.10 | 36    | 0.704 | 267 | 1.864 |
| 12   | 40.0      | 20.3      | 1.2        | 9—10  | 8.0 | 200  | 0.006 | 100 | 0.03 | 22    | 0.86 | 18    | 0.744 | 140 | 1.634 |

①浮游动物生物量按何志辉（1979）《淡水浮游生物的生物量》一文中表 2 所列的数值计算

浮游动物数量中，螺形龟甲轮虫占轮虫总数的92%，短尾秀体蚤占枝角类总数的37%而钩弧网纹蚤占33%，凉山荡镖水蚤占桡足类总数的36%，分别为各类的优势种。

### 三、浮游动物在湖内的分布

浮游动物中主要种类的水平分布差别不大，而垂直分布则不同。轮虫中螺形龟甲轮虫、长三支轮虫和针簇多肢轮虫可分布至50米水深，而晶囊轮虫只在0.5米至5米水层中出现。枝角类中短尾秀体蚤分布于0.5米至5米水层中，钩弧网纹蚤和筒弧象鼻蚤自0.5米至10米均有出现，而长刺蚤则可分布至20米。桡足类中凉山荡镖水蚤可分布至50米。

浮游动物数量的垂直分布自表层至50米呈依次递减的趋势。0.5米层平均为237个/升，5米层平均为123个/升，10米层平均为122个/升，20米层平均为10个/升，20米以下数量很少，50米以下则无出现。但是，枝角类和桡足类的数量最多的是5米至10米层，0.5米至5米稍多于10米至20米层。枝角类仅分布到20米，桡足类20米以下数量很少，但可至50米，见图2和图3：

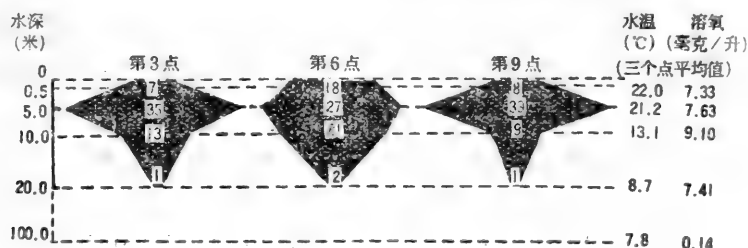


图2 马湖枝角类垂直分布图

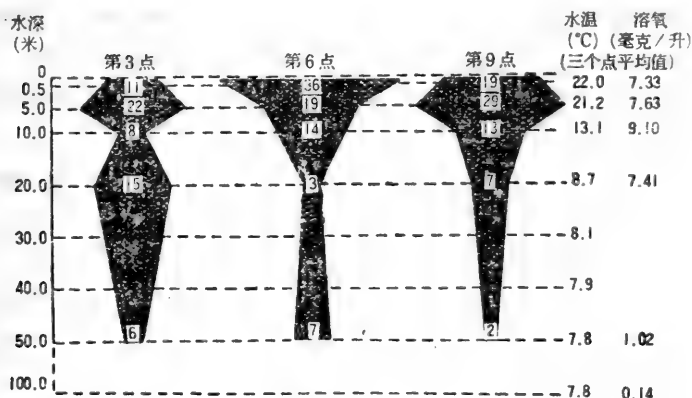


图3 马湖桡足类垂直分布图

马湖是一个小型湖泊，湖水很深，风浪较小，分层现象明显，从而影响浮游动物的垂直分布。枝角类和桡足类的垂直分布与水温分层有较明显的关系。枝角类的分布自表层达到温跃层的下界（20米左右，水温8°C）。桡足类虽然也以表层至温跃层下界为多，但可达50米（水温8°C以下）的水层。由此可见凉山荡镖水蚤所适应温度的范围较刺蚤更广。

### 四、结 语

马湖为一构造-堰塞湖，大部分湖岸陡峭，湖水深，沿岸带不发育，水草稀少。浮游动物

区系组成比较简单。种类的水平分布湖边与湖心无明显的差异,数量差别也不大;但是湖南部稍多于北部,可能是由于入湖河流来水增加了该区的营养物质所致。

由于湖水垂直运动停滞,影响上下水层的无机盐类、有机物质和溶解气体的交换或传输,从而产生化学状况的分层。马湖底层的温度和溶解氧大大低于表层,不利于鱼类生存。但是上层的理化状况还是适宜鱼类生活的,且有一定数量的浮游动物。因此还是可以进行渔业开发利用的。

### 参 考 文 献

- (1) 中国科学院动物研究所甲壳动物组, 1979, 中国动物志, 节肢动物门, 甲壳纲, 淡水桡足类, 科学出版社。
- (2) 中国科学院青藏高原综合科学考察队, 1983, 西藏无脊椎动物, 科学出版社。
- (3) 王家楫, 1961, 中国淡水轮虫志, 科学出版社。
- (4) 何志辉: 淡水浮游生物的生物量, 动物学杂志, 1979(4)。
- (5) 蒋燮治、堵南山, 1979, 中国动物志, 节肢动物门, 甲壳纲, 淡水枝角类, 科学出版社。
- (6) Welch, Paul S., 1952, Limnology McGraw-Hill Book Company, Inc.

### A SURVEY OF ZOOPLANKTON IN MAHU

Zhang Li Guo Xiaoming

Nanjing Institute of Geography, Academia Sinica

#### Abstract

Mahu, situated in Lei-bo County of the western part of Sichuan province China, is a small deep freshwater lake, with a surface area of 7.6 square kilometres. Its maximum depth is over 130 metres and the mean depth about 65 metres. It belongs to tectonic-landslide lake.

Thirty three species of zooplankton were found in the samples collected from twelve stations in this lake, June 1982. Among them, six species belong to protozoa, seventeen species to Rotifera, eight species to Cladocera and the other two species to Copepoda. *Keratella cochlearis* (Gosse), *Diaphanosoma brachyurum* (Lieven), *Ceriodaphnia hamata* Sars and *Neurodiaptomus lianshanensis* Shen et Song are rich in numbers.

The number of zooplankton in surface layer averages 189 per litre and the biomass is 1.1736 milligrams. As for horizontal distribution of zooplankton, the quantity in the southern part is slightly more than that in the northern part while in respect to vertical distribution the largest quantity is in the hyperlimnion, with 237 organisms per litre in the layer of 0.5 metres. However, the number reduces with depth. Below 50 metres where the temperature is no more than eight degrees Centigrade, no zooplankton are found because of the impact of water temperature on their distribution.

Based on the above points, the hyperlimnion of Mahu may be used for fishery.

## 58. 云南洱海的形成、演变与鱼类区系的 演替及其分化的初步研究<sup>①</sup>

高礼存 庄大栋

(中国科学院南京地理研究所)

洱海位于云南滇西地区,是横断山区最大的淡水湖泊,湖泊面积约249.76平方公里,平均水深为10.2米,最大水深达20.7米(湖面海拔1974米计),总容积为25.4亿立米。属北亚热带气候区,多年平均气温15.1℃,最热月均温为20.1℃,最冷月均温为8.8℃;总日照为2291小时;无霜期达230天;年降雨量1000毫米左右。它具有气候温和,雨量充沛和水域环境条件优越等特点。水生生物的种类和数量都较丰富,为鱼类生长、繁殖提供了良好的水域环境和丰富的饵料基础。

关于洱海的鱼类研究一直为国内外学者所注视,前人曾多次对洱海的鱼类进行过调查。为深入研究洱海鱼类区系组成特点,湖泊形成演变与鱼类区系的演替及其分化,主要经济鱼类的生物学特性和渔业资源利用情况,笔者于1977—1981年曾多次去洱海进行现场考察,现就洱海的形成、演变与鱼类区系的演替及其分化进行初步的研究与探讨,供有关同志参考。

### 一、鱼 类 种 类

洱海现有鱼类30种,除草、团头鲂、华南鲤、鲢、鳙、黄魮鱼、克氏栉鲌虎鱼系外来种,其余23种均系土著,隶属于4科12属,其中有两个新种,即花皮鲤*Cyprinus coloratus* sp nov. 和洱海裂尻鱼*Schizopyge erhaiensis* sp nov. 名录如下:

鲤科: *Cyprinidae*

1. 草鱼 *Ctenopharyngodon idellus* (Cuv. et Val.)
2. 团头鲂 *Megalobrama amblycephala* Vih
3. 高体鲮 *Rhodeus ocellatus* (Kner)
4. 柯氏刺鲃 *Puntius coggini* (Chaudhuri)
5. 洱海刺鲃 *Puntius daliensis* Wu et Lin
6. 油刺鲃 *Puntius exidua* Wu et Lin
7. 洱海大头鲤 *Cyprinus barbatus* Chen et Hwang
8. 大眼鲤 *Cyprinus megalophthalmus* Wu et al.
9. 厚唇鲤 *Cyprinus crassilabris* Chen et Hwang
10. 春鲤 *Cyprinus longipecteralis* Chen et Hwang
11. 大理鲤 *Cyprinus daliensis* Chen et Hwang
12. 杞麓鲤 *Cyprinus chilia* Wu et al.
13. 花皮鲤新种 *Cyprinus coloratus* sp nov.
14. 华南鲤 *Cyprinus rubrofasciatus* Lacepede

① 承冯敏、杨留法同志提供关于洱海形成与演变的资料,在此致谢

15. 鲫鱼 *Carassis auratus* (Linnaeus)
16. 云南裂尻鱼 *Schizopyge yunnanensis* Norman
17. 大理裂尻鱼 *Schizopyge taliensis* Regan
18. 洱海裂尻鱼新种 *Schizopge erhaiensis* sp. nov.
19. 光唇裂腹鱼 *Schizothorax lissolahiotus* Tsao
20. 麦穗鱼 *Pseudorasbora parva* (Temminck et Schl.)
21. 鲢鱼 *Hypophthalmichthys mslitzix* (Cuv. et Val.)
22. 鳙鱼 *Aristichthys nobilis* (Richardson)

#### 鳅科 Cobitidae

23. 侧纹条鳅 *Nemachilus pleurotaenia* Regan
24. 鼓颊条鳅 *Nemachilus bucculentus* Smith
25. 泥鳅 *Misgurnus anguillicaudatus* Cantor

#### 鲃科 Sisoridae

26. 沟鳍鲃 *Pseudecheneis sulcatus* Maclelland

#### 青鳉科 Oryziatidae

27. 青鳉 *Oryzias latipes* (Temminck et Schl.)

#### 合鳃鱼科 Synbranchidae

28. 黄鳝 *Monopterus albus* (Zuiew)

#### 塘鳢科 Eleotridae

29. 黄魮鱼 *Hypseleotris swinhonis* (Günther)

#### 鰕虎鱼科 Gobiidae

30. 克氏栉鰕虎鱼 *Ctenogobius cliffordpopei* (Nichols)

另外, 据文献记载洱海还产有云南野鲮 *Labeo yunnanensis Chaudhuri*、灰裂尻鱼 *Schizopyge griseus*、剑鮠 *Ioria seenghala*、少棘鳢 *Ophiocephalus azgus* 和点鳢 *Ophiocephalus gaohua* 但在调查期间未采集到这些鱼类的标本。

## 二、区系特点及其分化

### 1. 区系特点

(1) 洱海土著鱼类区系组成中, 以鲤科鱼类占主要成分, 计有 7 属 17 种; 其次为鳅科, 有 2 属 3 种; 鲃科、青鳉科、合鳃科均各有 1 属 1 种。

(2) 特有鱼类较多, 在 23 种土著鱼类中, 仅见于洱海的特有鱼类有洱海刺鲃、柯氏刺鲃、油刺鲃、厚唇鲤、春鲤、大理鲤、花皮鲤、大理裂尻鱼、洱海裂尻鱼 9 种。此外, 不仅见于洱海, 分布在同一流域其他水体中的鱼类有洱海大头鲤、大眼鲤、云南裂尻鱼、光唇裂腹鱼、鼓颊条鳅、沟鳍鲃 6 种, 合起来共 15 种。跨流域分布的鱼类有杞麓鲤、侧纹条鳅等种类。分布范围广泛的鱼类有鲫、泥鳅、黄鳝、青鳉等种类。

(3) 类群复杂, 兼有古老的和年青的种类, 是新老鱼类区系组成的结合。如在 7 种鲤鱼中, 杞麓鲤属跨流域分布的种类; 洱海大头鲤、大眼鲤在同一水系的西湖和茈碧湖亦有分布; 而大理鲤、春鲤、厚唇鲤、花皮鲤则为洱海所特有。显然杞麓鲤是较古老的种类, 大理鲤、厚唇鲤等种类则是在洱海特定湖盆形态及水域环境下后分化出来的近缘种。在 5 种裂腹鱼类中, 光唇裂腹鱼不仅见于洱海, 在澜沧江水系的支流中则广泛分布。大理裂尻鱼、洱海

裂尻鱼则仅见于洱海，显然光唇裂腹鱼是较古老的种类，大理裂尻鱼则在洱海形成以后分化出来的近缘种。

(4) 在洱海鱼类区系组成中，既具有云南高原湖泊鱼类组成的某些特点，如鲃亚科中的洱海刺鲃、柯氏刺鲃和油刺鲃；又具有青藏高原湖泊鱼类组成的一些特点，如裂腹鱼亚科中的光唇裂腹鱼、大理裂尻鱼。因此，它是一种过渡类型。

## 2. 鱼类的起源及其分化

过去在研究鱼类的起源和演化时，多数学者从鱼类的形态特征着手，并结合化石标本加以分析对比，从中找出它们的共同祖征和离征现象，这固然是很重要的研究手段，但有时会将同一水体中同一属鱼类都归结到某一地质年代形成的种类。鉴于上述情况，我们借助湖泊的形成、演变过程及古地理环境，来解释不同湖盆形态中出现的不同生物组合，以及最适宜于某些鱼类的生存和发展。这就从根本上解决了有机体与环境相一致的原则。

(1) 鱼类的起源：从燕山运动以后直到第三纪中新世之间，在云南的广大夷平面上，分布着适应于热带和亚热带生活的浅水型的鲃亚科和鲤亚科的某些鱼类。大约在上新世和更新世初，由于新构造运动的强烈影响，云南广大夷平面被解体抬升为高原面，而分割在洱海盆地内的一些适应能力强的鱼类被保留了下来。随着高原的隆起和河流的改道及溯源侵蚀，一些适应河流生活的某些鱼类也补充到洱海中去。这些鱼类伴随着湖泊的演变和生态环境的变化，已从原来存在的物种中派生出许多近缘种，并在新的生态环境中占据了一定的空间，这是鱼类在湖泊中产生同域分化的现象。

(2) 湖泊形成、演变与鱼类区系的演替及其分化：洱海系在更新世早期形成的断陷湖泊。由于该湖地处金沙江—红河大断裂带的中段和横断山区的东侧，湖泊在演变过程中受着青藏高原隆起的影响较大，因而湖泊在演变过程中则较为复杂，其鱼类区系的演替和物种的同域分化较为明显。

第一阶段为沼泽—浅湖时期（早更新世洱海）。上新世—更新世间的构造运动，使洱海地区的夷平面加速解体。早更新世初期，湖盆初具雏形，当时仅是由2—3个被隆起隔开的浅湖所组成，由于气候温暖潮湿，湖内水生植物生长很茂盛，盆地边缘为沼泽相沉积。晚期洱海湖盆扩大，几个小湖连成一体，推测当时的湖盆形态特征，水域环境和水生生物的组合，湖内是一些适应浅水环境生活的种类，如杞麓鲤、洱海大头鲤、鲫、泥鳅、黄鲢、侧纹条鳅和适应河流生活的刺鲃属鱼类所组成。

第二阶段为深湖时期（中更新世洱海）。中更新世由于湖盆进一步下沉，洱海达到最大规模，邓川、洱海、凤仪湖水相连，成为一个统一的大湖面。洱海主体宽而深，且有一个较长时期的稳定。推测当时的生态环境颇为复杂，湖水的热学状况、水动力条件和水生生物的组合均不同于浅湖时期。造成沿岸带鱼类种间生存竞争的加剧，为鲤属、刺鲃属和裂腹鱼属鱼类的分化提供了先决条件。这一阶段可能是洱海鱼类种类最多，同域分化现象也最活跃。就鲤属、刺鲃属和裂腹鱼属鱼类看，它们在形态特征和生态习性上存在着共同的祖征和离征现象，刺鲃属中的油刺鲃、洱海刺鲃和柯氏刺鲃、油刺鲃的祖先原是适应于热带生活的种类。洱海地区在冰期过程中，气温明显下降，据有关资料考证，气温比现时低 $5^{\circ}\text{C}$ 左右，它为了渡过寒冷的威胁，已逐步退居到溶洞和地下河中生活，因那里水温较稳定，长期在这一特定环境下生活，体型较小，鳞片虽然较大但很薄，并被皮膜所包埋，避免在地下河或溶洞中游泳时造成机械磨损。它在溶洞中进行产卵繁殖，只在生长季节才进入湖中摄食肥育。洱海刺鲃则是在冰期过后，从油刺鲃中分化出来的近缘种，由于气候逐渐回暖，一部分已逐步转入

湖中生活，以适应新的生活环境，但它仍保留着进洞越冬的生活习性，所不同的是体型较大，鳞片增厚，在沿岸带的砾石浅滩上产卵繁殖。柯氏刺鲃具有许多适应河流生活的特点，如背鳍刺很强，体型较长，这与油刺鲃和洱海刺鲃不同。在裂腹鱼类中，洱海产5种，光唇裂腹鱼口下位，下颌前缘具有锐利的角质边缘，属河流型鱼类，灰裂尻鱼口下位，下颌无锐利的角质边缘，下唇发达，具有中间叶，属湖泊型鱼类。云南裂尻鱼和洱海裂尻鱼口亚下位，下颌无锐利的角质边缘，下唇适度发育，分为左右两叶，无中间叶，属沿岸带和亚沿岸带生活的鱼类。大理裂尻鱼口端位，口裂深，呈马蹄形，上下颌等长，唇很狭，仅有左右下唇叶，唇后沟中断。平时栖息于开敞水域的上中层。这些不同的形态特征和生活习性可以明显地看出裂腹鱼类在洱海的分化是从适应流水环境生活，刮取砾石上固着藻类为食，逐渐演化为适应静水沿岸带生活，以丝状藻和植物茎叶为食。由于生活地区的环境和摄食种类的变化而促使摄食器官的改变。在鲤属鱼类中洱海产7种，在形态特征和生态习性上均具有显著的差异（见表1）。厚唇鲤唇发达，上下唇具粗粒状乳突，并有发达的须和下咽骨，口腔张缩力很大，便于吞食环棱螺和蚌等大型底栖动物，平时喜栖息于乱石缝穴中，有时则进入溶洞和地下河中生活。大眼鲤是生活于沿岸带和亚沿岸带的上中层鱼类，主要摄食浮游动物，也吞食小型鱼、虾，故唇较薄，前须不发达或消失，鳃耙短而较多，下咽骨较细长。春鲤生活于开敞水域的湖底层，多以寡毛类及水生昆虫为食，故其下咽骨细弱，鳃耙较短。洱海大头鲤主要生活于有水草丛生的湖湾浅水区，唇较薄，上唇在吻端处略扩张，便于吞食水生植物。大理鲤是生活于水体上中层的肉食性凶猛鱼类，吻较长，口斜裂，下颌稍突出，唇薄，鳃耙三角形，稀而短。杞麓鲤生活于深水区的湖底层，以螺、蚬为主要摄食对象，下咽骨和咽齿强壮。这些鲤鱼的形态特征和生态习性是在洱海适应各种不同生态环境生活的最典型的表现，是有机体与环境相适应的结果。从上述情况推测，洱海现有鱼类组成的种类，可能起于中更新世中期，而完成于晚更新世早期，鱼类区系的演替及其分化经过两个明显的阶段。

第三阶段为振荡期（晚更新世洱海）。中更新世一晚更新世之间，在构造运动和气候的影响下，凤仪盆地北部、大理盆地、邓川盆地构成的大洱海略有退缩。晚更新世之间，湖浸、湖退交替频繁，湖水位振荡幅度大，湖水理化环境和水生生物组合亦随着湖盆的变化而变化，进而影响到鱼类种群结构的变化，在鱼类的食性中可能出现了由单食性趋于杂食性或由杂食性趋于单食性的现象。即一种优势种群的饵料资源往往被多种鱼类所利用，造成种间生存竞争的加剧，使湖内优势种或常见种则随着环境的变化而变化，但对物种的分化不会产生很大的影响。

第四阶段为湖泊退缩阶段（全新世洱海）。全新世早期湖面仍很大，洱海、邓川及凤仪盆地的北部湖水相连。新石器时期大洱海解体，凤仪湖消失，邓川湖与洱海分离，洱海本身明显退缩。在这一段时期洱海鱼类区系组成略有变化，特别是近几十年来，由于人类干扰破坏活动，变化非常明显。五十年代期间，湖中基本上保持了原有鱼类种群结构的特点，敞水带主要以摄食浮游动物的大理裂尻鱼和摄食底栖生物的杞麓鲤、春鲤及肉食性的大理鲤为主要种类；沿岸带和亚沿岸带则以大眼鲤、洱海大头鲤、厚唇鲤、洱海刺鲃、油刺鲃、鲫等鱼类为主。到了六十年代末，湖中鱼类种群结构发生明显变化，替代原来优势种群的鱼类是在投放四大家鱼苗种过程中带进的克氏栉鲌虎鱼，它们占据了整个沿岸带的砾石浅滩，1970年最高渔获量达250万斤。砾石产卵鱼类的种群数量处于逐年下降的趋势。随着湖水位的不断下降，大片砾石滩地露出水面，适合克氏栉鲌虎鱼生长、繁殖的场所日益缩小，使种群数量趋于减



表1 鲤属鱼类形态特征及生态习性比较表

| 种 类   | 形 态 特 征 |           |           |           |           |            |             |     |    |
|-------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|-----|----|
|       | 口位      | 体长/<br>体高 | 体长/<br>头长 | 头长/<br>吻长 | 头长/<br>眼径 | 头长/<br>眼间隔 | 尾柄长/<br>尾柄高 | 侧线鳞 | 鳃耙 |
| 杞麓鲤   | 端位      | 3.21      | 3.56      | 3.06      | 6.30      | 2.55       | 1.17        | 34  | 32 |
| 洱海大头鲤 | 端位      | 3.05      | 3.50      | 3.15      | 5.65      | 2.50       | 1.35        | 33  | 34 |
| 花皮鲤   | 端位      | 3.54      | 3.52      | 2.84      | 5.79      | 2.67       | 1.44        | 36  | 25 |
| 春 鲤   | 端位      | 3.95      | 3.40      | 2.75      | 5.55      | 2.55       | 1.45        | 35  | 26 |
| 大眼鲤   | 端位      | 3.68      | 3.84      | 3.17      | 5.38      | 2.48       | 1.58        | 37  | 29 |
| 大理鲤   | 亚上位     | 3.08      | 2.99      | 3.04      | 7.00      | 3.65       | 1.19        | 35  | 25 |
| 厚唇鲤   | 端位      | 2.91      | 3.33      | 3.11      | 7.00      | 2.70       | 0.98        | 32  | 25 |

| 种 类   | 生 态 习 性     |      |                |      |                  |
|-------|-------------|------|----------------|------|------------------|
|       | 生活习性        | 产卵类型 | 产卵地点           | 产卵时间 | 食 性              |
| 杞麓鲤   | 湖底敞水区       | 草 上  | 三角洲或洪<br>积扇浅滩上 | 4 月  | 螺、蚬              |
| 洱海大头鲤 | 湖边沿岸区       | 草 上  | 水草丛中           | 5—6月 | 水生植物             |
| 花皮鲤   | 湖底亚沿岸区      | 砂砾石  | 溪流湖边<br>浅滩上    | 4—5月 | 寡毛类、水生<br>昆虫、丝状藻 |
| 春 鲤   | 湖底敞水区       | 砾石上  | 溪流河沟中          | 6—7月 | 寡毛类、螺蛳、<br>甲壳动物  |
| 大眼鲤   | 亚沿岸区上层      | 砾石块  | 石灰岩陡<br>岸浅滩上   | 冬 季  | 浮游动物、小鱼          |
| 大理鲤   | 敞水区上层       | 螺壳上  | 水草下限<br>深水区    | 3—4月 | 鱼、虾              |
| 厚唇鲤   | 乱石堆或<br>溶洞中 | 砾石上  | 乱石堆中           |      | 螺、蚬、蚌            |

少，同样砾石产卵鱼类的产卵场所也遭到了破坏，其种群数量日趋减少，有些种类濒于绝迹。另一方面，由于湖水位的下降，改善了湖水对光能的利用，水生植物发展很快，据1980年实测资料看，分布范围约占湖泊总面积的三分之一，分布最大水深达8—9米，因而极有利于草上产卵的鲫、鲤鱼的生长、繁殖。

(3) 鱼类分化与环境因素相互关系的探讨：根据洱海鱼类区系组成的分析，发现在鲤属、刺鲃属和裂腹鱼属鱼类中产生同域分化的现象较为明显，这与湖泊所处的地理位置、湖

盆形态及历史演变过程、湖水理化环境及水生生物组合有着密切的关系。

鱼类同域分化与湖泊类型、演变关系的分析。鱼类产生同域分化主要集中在断裂陷落型和断裂侵蚀型的湖泊中进行，这些湖泊的发育阶段一般处于幼年期和壮年期的深湖时期，或虽然成湖较早，但仍受构造活动的强烈控制，其湖盆下沉速率大于沉积速率，这些湖泊的特点是岸线平直，湖水较深，湖底坡度大，分带明显，如抚仙湖、泸沽湖、洱海、程海等湖泊的形态特征，均可促使鱼类产生同域分化，尤其在深湖阶段产生同域分化的现象最为明显。

鱼类同域分化与湖泊形态指标相互关系的分析，湖泊形态指标是反映湖泊内各自然要素之间的内在联系及其与生物之间相互关系的综合性指标。分布一定区域内的湖盆形态指标，可以确定某些物种能否产生同域分化。从几个不同类型湖泊的形态指标与鱼类同域分化情况看，形态指标KJ值越小的湖泊，鱼类产生同域分化的现象越明显，如泸沽湖的形态指标KJ值为11.7，在9种土著鱼类中，产生同域分化的近缘种有6种，占总种数的66.7%；抚仙湖的形态指标KJ值为15.5，在28种土著鱼类中，产生同域分化的近缘种有13种，占总种数的46.4%；洱海的形态指标KJ值为93.6，在23种土著鱼类中，产生同域分化的近缘种有9种，占总种数的39.1%；滇池的形态指标KJ值为175.4，在26种土著鱼类中，产生同域分化的近缘种有2种，占总种数的7.7%；大屯海形态指标KJ值为230.8，在土著鱼类中未发现同域分化的种类。从上述情况看，湖泊形态指标KJ值变动在200以下的范围内，均可促使某些鱼类产生同域分化。但它的数值愈小，产生同域分化愈明显。而KJ值超过200以上的湖泊，均不能促使鱼类产生同域分化。

湖泊KJ值的大小与湖水理化环境有密切关系，一个湖泊的KJ值愈大，湖水易于混合，湖水物性的垂线变化就比较均匀，在面积相等的湖泊中，水深大，则KJ值就小，湖水就不易混合，如抚仙湖全年底层水温保持在13℃左右，而表层水温随季节的变化可以相差9.7℃，这种湖水热学状况的年际变化规律，只有在深水湖泊中才能表现出来，鱼类在这种特定环境下所适应的变温范围非常狭窄，而湖盆一旦受到构造运动(或地震)的强烈影响，则首先改变湖水的理化环境，同时水生生物种类组成也发生变化，这时的种间生存竞争也很激烈，某些鱼类为了适应新的生态环境或去占领新的生态灶，进而摄食(或滤食)器官则发生变化，由于此种过程的结果，新的近缘种也就相继形成。从这些情况分析，洱海的鲤属、刺鲃属和裂腹鱼属鱼类产生同域分化的年代只能在高湖面时期(中更新世洱海)才能具备鱼类产生同域分化的形态指标。

### 三、渔业资源利用的饵料基础及其增殖途径

#### 1. 渔业资源利用的饵料基础

从目前洱海渔获物组成看，主要以生活于底层性的鱼类占多数，它们对湖底的饵料如硅藻类、轮虫、有机碎屑、寡毛类、水生昆虫和螺蛳等得到了较充分的利用，而浮游动物资源未能得到利用。现根据湖中鱼类食性组成情况及主要饵料资源的生物量(指调查期间的现存量)，粗略地对湖中渔业资源的最大供饵能力进行估算。关于P/B系数、可利用率及饵料系数的数值均参照有关文献资料计算。其中浮游植物P/B系数取60，可利用率25%，饵料系数40计算；水生植物根据调查的总生物量，可利用率50%，饵料系数60计算；有机碎屑是指植物、藻类腐烂的尸体及有机质的含量，估算每平方米的数量，可利用率25%，饵料系数40计算；浮游动物P/B系数取25，可利用率25%，饵料系数10计算；螺、蛳P/B系数取10，可利用

率25%，饵料系数60计算；寡毛类、摇蚊幼虫P/B系数取2.5，可利用率25%，饵料系数6计算。

通过计算，得出洱海的最大供饵能力为2545万斤，平均每亩的供饵能力可达67.6斤，与目前湖内亩产6.6斤相比较，还有10倍的增产潜力。其中浮游植物的供饵能力为83万斤，还有83倍的增产潜力；浮游动物的供饵能力为340万斤，还有339倍的增产潜力；有机碎屑的供饵能力为832万斤，还有8.3倍的增产潜力；底栖生物的供饵能力为181万斤，还有6倍的增产潜力；水生植物的供饵能力为1109万斤，还有5.5倍的增产潜力。

## 2. 增殖途径的探讨

从洱海的形态特征、湖区气候特点、湖水理化性质及生物生产性能看，洱海发展渔业生产的条件最为优越，居云南地区湖泊之首位，其增产潜力亦较大，为此，提出如下几点建议：

(1) 加强湖泊管理，做好主要经济鱼类的繁殖保护工作。为了确保鲫、杞麓鲤、洱海大头鲤、花皮鲤、洱海刺鲃等经济鱼类的正常产卵活动，禁渔期宜规定在4—6月为宜，在禁渔期间应实行全湖封湖禁捕。

(2) 移殖优良鱼种，原来湖中摄食浮游动物的土著鱼类均属于砾石产卵，由于湖水位因发电用水而大幅度下降，使大片砾石滩地露出水面，产卵场所遭到破坏，后备资源得不到补充，致使浮游动物资源不能充分利用，建议去星云湖引进大头鲤的种苗投放到湖内，因它是属于草上产卵鱼类，既能在洱海生长、繁殖，又能充分利用浮游动物资源。另一方面可适当投放草鱼和团头鲂的苗种，但每年的投放量不得超过50万尾。

(3) 保护水域环境，稳定湖水位。洱海鱼类区系组成较为特殊，特有鱼类较多，它们的存在对进一步研究湖泊演变与鱼类的同域分化极为重要，因此，可将洱海的7种鲤鱼、5种裂腹鱼和3种刺鲃列为重点保护对象。而要保持这些鱼类，关键是保持湖水位的稳定，使砾石产卵鱼类的产卵场所不致遭到破坏，使后备资源能得到相应的补充。

## 参 考 文 献

- (1) 高礼存等，1981，云南主要湖泊经济鱼类数量变动的初步调查，动物学杂志，1981(1)，31—34。
- (2) 何志辉，淡水浮游生物的生物量——改进浮游生物定量工作的当务之急，动物学杂志，1979(1)，53—56。
- (3) 伍献文等著，1964，中国鲤科鱼类志（上卷），上海科学技术出版社。
- (4) 伍献文等著，1978，中国鲤科鱼类志（下卷），上海人民出版社。
- (5) 王幼槐，1979，中国鲤亚科鱼类的分类、分布、起源及演化，水生生物学集刊，6(4) 419。

## A PRILIMINARY STUDY ON THE FVOLUTION AND DIFFERENTIATION OF FISH FAUNA IN RELATION TO ORIGINATION AND DYNAMICS OF ERHAI LAKE

Gao Lichun                      Zuan Dadon

(Nanjing Institute of Geography, Academia Sinica)

### Abstract

The Erhai lake is a faulting lake originated during early pleistocene. The dynamic process of the lake was mainly effected by uplift of Tibet plateau.

The fish fauna composition within this lake is consisted of fish species not only of lakes of yunnang plateau but also of lakes of Tibet plateau, so the fish composition in Erhai lake belongs to transitional type. The differentiation of fish species within this lake is relatively obvious. This lake might be a centre of distribution and dissociation of carp species. There are many peculiar fishes of which nine species are found only in the lake and six are also distributed in this region. It means that the total number of endemic species is amounted 15 and it makes up 65 percentage of the total number of fish species in this lake. The study on the origin and variation of Erhai lake provides an evidence for further discussion on the influence of uplift of Tibet plateau on the dynamic and differentiation of lacustrine fish fauna.

## 59. 云南洱海水生植被的初步研究<sup>①</sup>

戴 全 裕

(中国科学院南京地理研究所)

洱海是我国著名的高原淡水湖泊之一。其面积达249.76平方公里,湖面海拔1974.0米,平均水深10.2米,最大水深20.7米,总容积为25.4亿立方米。以前曾有人对该湖进行过调查<sup>(1)</sup>,但是,对洱海的水生植被却未作专门的研究。为此,我们于1981年11月,1982年5月、12月和1983年1月,分别对该湖的水生植物种类、分布、植被类型、生产量及其利用情况作了调查和分析,旨在为合理开发利用洱海资源提供科学依据。

### 一、自然条件概况

洱海为一南北长、东西窄、四周环山的湖盆(南北长为42.6公里,东西平均宽度为5.85公里)它的西面为海拔4000米左右横断山区,雄伟的苍山就在此巍巍而立;东面为海拔2800米左右的云贵高原。该湖地处北亚热带,年均温为15.1℃,最热月均温20.1℃,最冷月均温为8℃。年降雨量约为1000毫米左右。由于地形奇特,因而区域性、垂直性气候变化十分明显。尽管苍山顶部终年积雪,而洱海之滨却温暖如春。这对该区的许多生物的生长是非常有利的。从水系情况看,主要入湖道有弥苴河、罗时河、永安江和菠萝江,西洱河为其唯一的出水口。湖水位尚属稳定,一般湖水透明度为3.0—5.0米, pH值为8.1—8.7之间,有机耗氧量为1.39—2.20毫克/升,氨态氮0.01—0.05毫克/升,亚硝酸态氮痕迹,硝酸态氮0.02—0.034毫克/升,磷( $\text{PO}_4^{3-}$ )的含量0—0.06毫克/升,矿化度170毫克/升左右,为中营养型湖泊。目前该湖受工业废水影响不大,水质是好的,属清洁水。

### 二、洱海水生植物的种类与分布

#### (一) 水生植物的种类

洱海水生植物比较丰富(图版29,图4)。共采集到32种,分属于23属16科。其中眼子菜的种类最多,计7种,占总种数的25%。若以生活型来划分,则沉水植物有13种,浮叶植物和漂浮植物7种,挺水植物4种,其它为8种(详见水生植物名录)。

#### 洱海水生植物名录

##### 1. 蘋 科

四叶蘋 (*Marsilea quadrifolia* Linn.)

##### 2. 槐叶蘋科

槐叶蘋 (*Salvinia natans* Hoffm.)

<sup>①</sup> 本文由高礼存、庄大栋同志帮助部分采样,冯敏同志帮助测绘水生植被图,王银珠、胡文英、张文华、隋桂荣等同志提供部分环境资料,黄清荣同志帮助图件消绘,在此一并致谢

3. 满江红科  
满江红 (*Azolla ibricata* (roxb.) Nakai.)
4. 眼子菜科  
菹草 (*Potamogetan crispus* Linn.)  
马来眼子菜 (*P. maiaianus* Mig.)  
光叶眼子菜 (*P. lucas* Linn.)  
篦齿眼子菜 (*P. pectinatus* Linn.)  
穿叶眼子菜 (*P. perfoliatus* Linn.)  
微齿眼子菜 (*P. maackianus* A. benn.)  
佛朗眼子菜 (*P. frachetii* A. Benn. et Baag.)
5. 毛茛科  
石龙芮 (*Ranunculus sceleratus* Linn.)
6. 水鳖科  
黑藻 (*Hydrilla verticillata* Royle.)  
苦草 (*Vallisneria spiralis* Linn.)  
海菜花 (*Ottelia* sp.)
7. 金鱼藻科  
金鱼藻 (*Ceratophyllum demersum* Linn.)
8. 蓼科  
水蓼 (*Polygonum hydropiper* Linn.)  
旱苗蓼 (*P. lapathifolium* Linn.)
9. 小二仙草科  
狐尾藻 (*Myriophyllum spicatum* Linn.)
10. 浮萍科  
紫背浮萍 (*Spirodela polyrriza* (L.) Schleid.)
11. 莎草科  
野荸荠 (*Eleocharia Plantagineiformis* Tang et wang)  
沼针蔺 (*E. palustris* R.Br.)  
夏飘拂草 (*Fimbristylis aestivalis* Retz.)  
曲芒飘拂草 (*F. squarrosa* Vahl.)
12. 雨久花科  
凤眼莲 (*Eichhornia crassipes* Solm.)
13. 菱科  
野菱 (*Trapa natas* Linn.)
14. 龙胆科  
苳菜 (*Nymphoides peltatum* (Gmel.) kuntze.)
15. 水马齿科  
水马齿 (*Callitriche stagnalis* Scop.)
16. 繖形科  
少花水芹 (*Oenanthe benghalensis* (Roxb.) Kuze.)

## 17. 禾本科

李氏禾 (*Leersia hexandra* snartz.)

棒头草 (*Polypogon bigelovii* Steud.)

菰 (*Zizania caduciflora* (Turcz.) Hand-Mazz.)

芦苇 (*Phragmites communis* Trin.)

### (二) 水生植物的分布

洱海水生植物的分布受湖盆形态、水深大小、底积物组成和风浪的控制。同时人为活动对其也有一定的影响。根据水生植物生长的特点和环境条件，洱海水生植物的区域性分布大致可以分为四个植物区：

1. 北部湖湾植物区：(图版29, 图3) 这一植物区是洱海近岸带水生植物生长最好的区域，而且种类很多，几乎全湖水生植物的种类都可以在此找到。既有典型的沉水植物苦草、黑藻、狐尾藻、金鱼藻和各种眼子菜生长，也有浮叶植物的荇菜生长；既有典型的漂浮植物满江红、紫背浮萍、槐叶蘋生长，也有大型的挺水植物菰和芦苇生长；甚至许多莎草科植物（如沼生针蔺等）也开始蔓延扩大，而且长势很好。沉水植物生长旺盛季节，水面上如同绿洲一样，水鸟可以在其之上自由行走。

该植物区包括由喜洲—桃源，桃源—河尾村及河尾村—海潮河紧接相连的三个湖湾所组成，面积达2.94万亩，属堆积性浅水湖湾。第一个湖湾在湖的西北部，是因喜洲沙嘴向湖心伸展而成。水深较浅，浅水滩地发育，向湖伸展达1—3公里。底质各处相细不一，水生植物的种类较多。第二、三两个湖湾在弥苴河口两侧，为弥苴河三角洲的前伸而形成。弥苴河口东侧湖湾湾口水深为10米左右，西侧湖湾的湾口水深为8米左右，浅水滩地向湖心延伸2—3公里。这两个湖湾一方面经径流所携带下来的泥沙堆积作用强烈。另一方面由于水生植物生长茂密，因而植物残体参与沉积作用也很大，沼泽化现象十分严重。(图版30, 图3, 4)

#### 2. 东部湖湾植物区：

此类湖湾区大多为湖水侵入山凹所形成（如向阳湖湾、挖色湖湾和双廊湖湾等）。它们的特点是风浪较小，居民点较多，耕作业发达，一方面经径流夹带下来的泥沙和有机物质常在湖湾内沉积；另一方面因基岩山嘴风化破坏的粗沙、碎石也随着风吹雨淋带进湖湾。因此水深一般4—5米，pH值8.4左右，分布有一定数量的水生植物（如草、狐藻、黑藻、满江红和石龙芮等）。但是由于人为活动比较频繁，湖水透明度较低，水生植物的生长不如北部湖湾好。东部湖湾水生植物分布的总面积有2.61万亩。

#### 3. 南部湖心暗滩植物区：

这一植物区为其它湖泊所少见，称之为湖心暗滩植物区。它的特点是湖心区广布水生植物，而沿岸区水生植物却非常稀落。水生植物在湖心的分布范围：南起洱滨村，北至才村和文笔村，面积达3.45万亩。它的南北两端为水深10米以上的深水区，而东、西两侧为水深10—13米的深水槽与沿岸区相隔（南北长14公里，东西宽1.5—3.5公里）。水深4.5—8.6米，透明度4.0米左右，pH值8.3—8.5之间，底质为黑色草渣性淤泥。初望上去，湖心明水一片，但靠近仔细观察，水下却如森林一般，而水生植物随流荡漾，别具一色。据现场采测，该区的微齿眼子菜、金鱼藻生长的水深下限竟达8.6米，植株高度小眼菜为3.75米，金鱼藻为2.67米。这比抚仙湖苦草生长的下限（5米）要大得多<sup>(2)</sup>。

#### 4. 东、西沿岸植物区：

该植物区的特点是大多以陡坡形式出现，很快向深水过渡，没有明显的浅水滩地，坡度

达5°—10°，跃移组分超过50%，Eh值在“0”上下，湖水透明度3米左右，pH值8.3—8.5之间，底质大多为砂粒或砾石块所组成，有机质含量比较小，虽有水生植物生长，但长势较差，也比较稀疏，分布面积2.59万亩（见图1）。

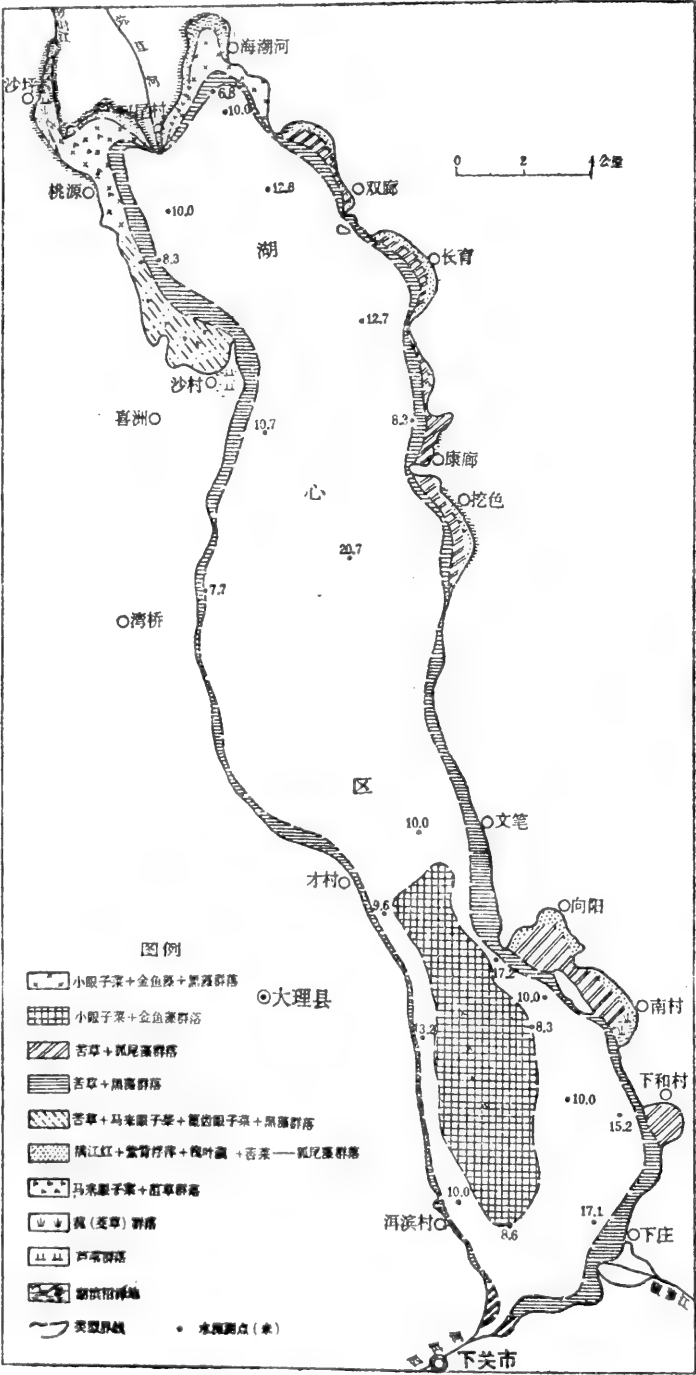


图1 洱海水生植被分区图(1981—1983)



### 三、洱海水生植被类型与演替

#### (一) 洱海水生植被类型

根据洱海水生植物的优势种组成, 外貌特征和环境条件等, 洱海水生植被大致可以划分为9个植物群落:

##### (1) 微齿眼子菜 + 金鱼藻群落 (*Potamogeton maackianus* + *Ceratophyllum demersum* Community)

该群落分布在南部湖心暗滩上, 生长的水深一般4—8米, 在水下形成黄绿色的背景, 植株高度4米左右, 其中微齿眼子菜占绝对优势。由于植株高大茂密, 又多呈自生自灭状态, 因此在湖底形成一层很厚的“水草层”。而这些“水草层”又不能被当年所腐烂分解, 久而久之变成水下沼泽性淤泥, 其肥力是很高的。在此值得指出的是: 该群落中微齿眼子菜、金鱼藻等在其它湖泊中, 一般在水深2—3米内的浅水区生长, 而在洱海却能在水深4.5—8.6米处生长, 而且形成优势种群, 这为一般湖泊所少见。另外由于水生植物的物候期的不同, 在该群落形成之前的初春季节, 在本区有部分地方却被菹草和马来眼子群落所占领, 而后才被微齿眼子菜+金鱼藻+黑藻群落所替代。

##### (2) 苦草 + 群落 (*Vallisneria spiralis* Community)

该群落分布在洱海东、西两侧沿岸带和北部湖湾西部沿岸带。它们形成了向心的(即湖心)带状分布, 其生长的水深一般为2—3米, 最深可达5—7米。

##### (3) 狐尾藻群落 (*Myriophyllum spicatum* Community)

该群落分布在洱海东部各湖湾内, 水深0.5—1米。由于人为活动关系, 湖水透明度较低, 一般水生植物生长较差, 株高在0.5—1.5米之间。覆盖度各处悬殊较大, 有的达70—80%, 有的只有10—20%, 其次群落种类组成混杂性大, 有的地段在群落中有黑藻、马来眼子菜出现, 有的地段在群落中又有金鱼藻和菹草出现, 其群落结构尚不能稳定。

##### (4) 苦草 + 马来眼子菜 + 篦齿眼子菜群落 (*Potamogeton Pectinatus* Community)

本群落分布在喜洲以北的湖湾内, 优势种类为苦草。但纵观水面, 马来眼子菜、篦齿眼子菜植株高大(苦草稍矮而数量较大)形成一是背景、不过它们常呈簇状分布。另外在此群落中还有散生的穿叶眼子菜、微齿眼子菜和金鱼藻等出现。

##### (5) 微齿眼子菜 + 黑藻 + 金鱼藻群落 (*Potamogeton Pusilus* + *Hydrilla verticillata* + *Ceratophyllum demersum* Community)

这一群落分布在北部湖湾内, 面积较大, 生命力强, 发育完全, 植株高度2米以上, 且形成高密度的水下“水草层”, 用彼得采泥器也很难采到“水草层”下面的底泥, 不能被当年所分解腐烂, 积极参与湖滨滩地的填充作用。同时由于水生植物茂密, 因而大大减缓了上游来水入湖的速度, 也增加了泥沙在此的沉积作用, 致使湖滨滩地的迅速扩大和沼泽化日趋加重。

##### (6) 马来眼子菜 (*Potamogeton malaianus* + *Potamogeton crispus* Community)

该群落于早春季节在南部湖心暗滩上出现, 或者在沿岸区成窄条带分布。在大多数情况下, 马来眼子菜和菹草个体散生在其它植物群落之中。

##### (7) 满江红群落 (*Azolla imbricata* Community)

该群落的种类组成不够稳定, 常因风浪、人为活动和地形条件不同而略有改变, 它主要

分布在洱海的近岸浅水区，在各湖湾的浅水区较多。其中漂浮植物常被风浪带到岸上。

#### (8) 菰群落 (*Zizania caduciflora* Community)

菰群落主要分布在沙坪一带和金梭岛湖湾近岸处。株高2—3米，覆盖度约为80%左右。

#### (9) 芦苇群落 (*Phragmites communis* Community)

据调查，洱海目前芦苇群落占的面积很小，仅分布在沙坪湿生带（沼泽地）和喜洲沙村的沼泽垦区内。植株高度3—4米，茎粗1—2厘米。但是在沙村一带发现垦区内有大面积的沼泽芦苇泥炭，甚至喜洲其它大片农田的耕作层内也均有黑色的泥炭出现。当地农民曾把它挖掘出来当作烧料或农田肥料。由此证明，芦苇群落在历史上曾有一度是相当兴盛的，后来由于湖水退缩及人为活动（主要是农垦）或其它原因，而使该群落逐渐衰落（见图2）。

### (二) 洱海水生植被的演替

洱海水生植被的演替可以分为下列三种：不完整的植被演替、较完整的植被演替和完整的植被演替。

#### 1. 不完整的植被演替：

因基岩山所隔，岸陡、滩地极不发育，水生植物分布局限，故造成水生植物向陆生顶极植物群落演替的不完整系列，常见水生植物群落与陆生植物群落之间是中断的。这是高原构造型湖泊水生植被演替的显著特点（如洱海的东部沿岸）<sup>(2)</sup>；另一方面虽然近岸处没有基岩山所隔，但是陆上有广阔的“洪积扇”，其上部是由大块砾石组成，而接近湖滨则形成面积很大的沙滩。这里的水生植被演替是由苦草+黑藻群落向沙滩湿生植物群落演替（其中也往往是中断的），然后，由于人们的经济活动，再向上为人工植被代替，如洱海的西部沿岸（见图3）。

#### 2. 较完整的植被演替：

洱海东部湖湾内的水生植被演替是属于较完整的植被演替。它是由沉水植物（苦草、狐尾藻等）→浮叶植物（野菱等）→挺水植物（菰）→人工植被（如金梭岛内的湖湾）。但是又不是每个湖湾都是如此，其中植被演替也有中断现象。

#### 3. 完整的植被演替：

北部湖湾水生植被的演替是完整的植被演替。它是洱海沼泽化、老年化的显著标志。其特征是：①该区的水生植物群落向陆生植物群落演替是连续的，能完成整个演替系列，即由苦草+黑藻群落→微齿眼子菜+黑藻+金鱼藻群落→满江红+紫背浮萍+槐叶蕹群落→狐尾藻群落→菰群落、芦苇群落→沼泽湿生植物群落→人工植被。②湖泊形成初期的建群种类（如马来眼子菜<sup>(3)</sup>），已被次生植物群落冲击、排挤，甚至替代。马来眼子菜被其它植物群落所替代，在我国长江中、下游湖泊也常可看到。由于次生植物群落的大量发展（如苦草、黑藻、金鱼藻等），植物残体对湖泊的大量填充，致使沼泽化现象越来越严重（已与浅水湖泊水生植被的演替极为相似）<sup>(4)</sup>。③在才村一带已发现有大面积的沼泽泥炭出现，这说明洱海部分地区沼泽化现象早已存在。虽然洱海目前还保持着某些深水湖泊的特点，但是从以上水生植物所参与的湖泊演化的现象来说，证明洱海正向浅水湖泊过渡，并已处于老年化阶段（见图4）。

## 四、洱海水生植物的生产量

洱海水生植物的生产量（即现存量），在很大程度上是取决于水生植物的优势种群。洱

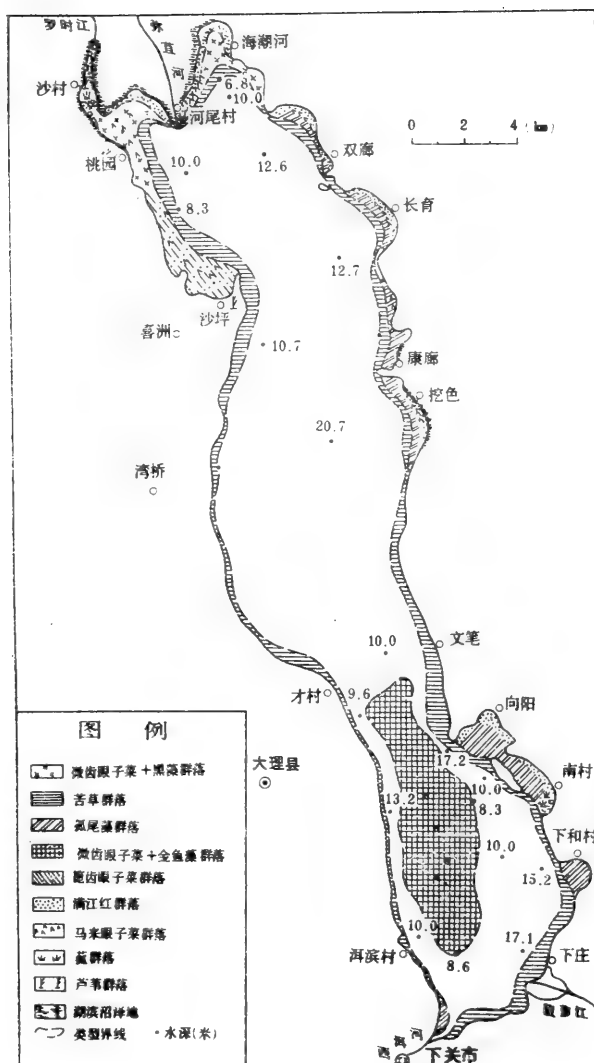
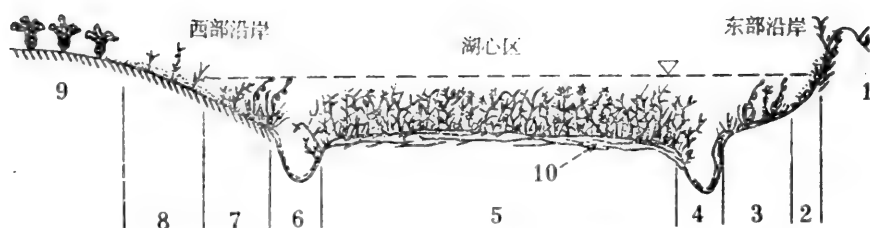
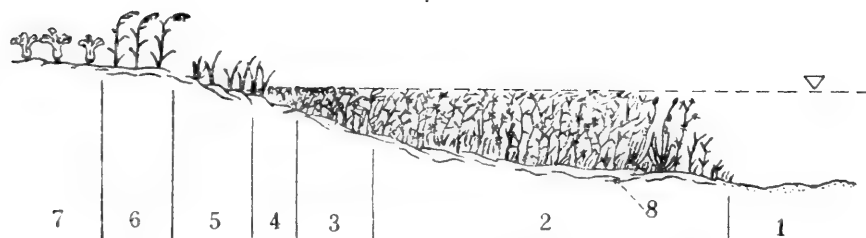


图2 洱海水生植被类型图 (1981—1983)



1. 山麓; 2. 砾石或砂质沿岸; 3. 东部沿岸植物带; 4. 深水槽;  
5. 湖心暗滩植物; 6. 深水槽; 7. 西部沿岸带植物; 8. 沙洲; 9. 人工植被;  
10. 草渣性淤泥。

图3 洱海南部湖心暗滩水生植被剖面示意图



1. 深水区; 2. 沉水植物区; 3. 4. 浮叶、漂浮植物区; 5. 6. 挺水植物区;  
7. 人工植被; 8. 草渣性淤泥

图4 洱海北部湖湾(沙坪)水生植被群落演替示意图

海水生植物的主要优势种有微齿眼子菜、黑藻、金鱼藻和苦草。该湖水生植物的生产量是采用底口面积为  $0.05 \text{ m}^2$  彼得森采泥器采集各植物区有代表性点上的水生植物，进行称重（鲜重），取平均值，然后根据不同植物区的分布面积计算其生产量的。各植物区的平均现存量见表1。

根据各植物区的平均现存量（克/米<sup>2</sup>）及其分布面积得出：第一植物区水生植物的现存量为21.85万吨；第二植物区为5.49万吨；第三植物区为46.49万吨；第四植物区为6.13万吨（鲜重）。洱海水生植物总现存量约为79.96万吨。这为洱海的渔业和农业发展提供了丰富的饵料与肥料。

表1 不同水生植物区各采样点的现存量①

| 采集点编号 | 第一植物区   | 第二植物区 | 第三植物区   | 第四植物区 |
|-------|---------|-------|---------|-------|
| 1     | 16000   | 4240  | 10      | 4400  |
| 2     | 20000   | 7400  | 2600    | 5435  |
| 3     | 29000   | 480   | 400     | 800   |
| 4     | 6080    | 500   | 33000   |       |
| 5     | 100     |       | 47000   |       |
| 6     | 1200    |       | 57000   |       |
| 7     | 5000    |       | 1500    |       |
| 8     | 11800   |       |         |       |
| 平均值   | 11147.5 | 3155  | 20215.7 | 3545  |

①单位 克/米<sup>2</sup>

## 五、洱海水生植物的利用及保护

洱海水生植物不仅种类多，而且数量也很大，是宝贵的生物资源。根据调查，对洱海水生植物资源提出下列几方面的利用意见。

1. 发展淡水渔业：洱海是云南省重要的淡水渔业基地之一(图版31, 图1, 2)。每年鱼产量可达250万斤左右(据1980年统计资料)，其多年鱼产量在云南省名列第二位。这是与洱海有优越的自然地理条件和丰富的饵料资料分不开的。从洱海鱼类组成看，杂食性鱼类和草食性鱼类占很大比重。其中鲫鱼占80%(图版31, 图3, 4)，杞麓鲤和花皮鲤占10.8%，洱海大头鲤占4.2%，人工放流的草鱼和团头鲂占5.4%。由于水生植物丰富，给许多鱼类提供了饵料和繁殖、栖息场所，因此就这些鱼类的生长速度而言，已超过了其它一般性湖泊。如鲤鱼：洱海二龄鱼平均体长390毫米，体重1483克，而滇池同龄鱼平均体长为313毫米，体重为605克；洱海三龄鱼平均体长为470毫米，体重2275克，而滇池同龄鱼平均体长只为390毫米，体重只为1300克。显然这与洱海水生植物比较丰富有关。

2. 提供农田肥料：多年来，洱海当地农民就有“打草肥田”的习惯。每年打捞的水生植物约上万吨以上。

3. 提供水生蔬菜：洱海产海菜花，但近年来数量有所下降(其原因主要人为活动影响)，当地农民常采摘当作蔬菜，并上市出售。

虽然目前洱海水生植物资源有所利用，但是潜力仍然很大。如不充分合理利用，这不仅是一大浪费，而且会加速对该湖的淤积作用，缩短湖泊的寿命。为此提出如下建议：

(1) 根据洱海水生植物目前的现存量，还可适当放养一些草鱼，但不宜过多。

(2) 根据底泥有机质含量的分析，洱海的有机质的含量在2.80—3.70%之间，这比长江中、下游湖泊还高。因此除“打草积肥”外，还可进行挖泥积肥。这样不仅获得了良好的肥源，而且对于减少洱海淤积作用有一定的好处。

(3) 利用大量过剩的水生植物来制造沼气，以解决农村能源不足和烧柴的困难。

(4) 对于喜洲一带的沼泽泥炭, 可以进一步勘察和开采利用。

然而利用与保护总是应该联系在一起的。我国有些湖泊因对水生植物资源采取不合理的利用方式, 结果导致水生植物渐趋毁灭(如江苏省的金鸡湖), 遭到自然界的报复, 因此洱海应借鉴。据分析, 洱海随着工农业生产的发展和人们频繁的经济活动(如捕捞、运输等), 可能会对水生植物带来不利影响。因此建议对洱海的各个湖湾的水生植物应作重点保护, 以利于发展渔业和保护水生植物的后备资源。

### 参 考 文 献

- (1) 黎南豪, 1963, 云南高原湖泊调查, 海洋与湖泊, 5(2)。
- (2) 戴全裕, 云南抚仙湖的水生植被及其微量元素, 海洋湖沼通报, 1983(1)。
- (3) Rexford Dauben mire 著, 陈庆诚译, 1981, 植物群落——植物群落生态学教程, 人民教育出版社, 150—180。
- (4) 何志辉编, 1960, 水生生物, 人民教育出版社, 144—150。

图 版 29

图 版 30

图 版 31

## A PRELIMINARY STUDY OF AQUATIC VEGETATION IN ERHAI LAKE OF YUNNAN PROVINCE

Dai quan-yu

Nanjing Institute of geography, Academia

Sinica

Abstract

Erhai Lake is a large fresh-water Lake in Yunnan Plateau. The total area of this Lake is about 249.76 Km<sup>2</sup> with an average depth 10.2 m and maximum depth 20.7m This paper deals with the composition and distribution of species as well as the vegetation types of the hydro-phytes in Erhai Lake.

A total of 32 species of the hydrophytes has been collected, the main species of which are as follows: *Potamogeton muackianus*, *Hydrilla verticillata*, *Ceratophyllum demersum* and *Vallisneria spiralis*. The distribution area of hydrophytes reaches 77.3 Km<sup>2</sup>, making up 30.94% of the total area of the lake. The biomass of hydrophytes reaches 799600 ton (fresh-weight) and the lake is rich in hydrophytes. The maximum depth for growing *Potamogeton muackianus* and *Ceratophyllum demersum* can reach 8.6 M. which is seldom found in other lakes. It is suggested that the vegetation should be classified into 9 communities. The enlargement of the swamp along the northern lakeshore, the replacement of the primary community (such as *Potamogeton malaianus*) by the secondary one and the occurrence of phragmites peat all show that Erhai lake has turned into a stage of an old age.

In addition, some suggestions are put forward on the utilization and conservation of the hydrophyte resources.

## 60. 云南洱海的摇蚊幼虫及水蚯蚓

颜 京 松<sup>①</sup>

(中国科学院南京地理研究所)

摇蚊幼虫和水蚯蚓是水体内底栖动物中主要类群。它们既是鱼类的饵料资源, 又是划分湖泊生态类型和评价水质的较好生物指标。吴天惠等 (1976), 陈其羽等 (1982), 陈文海等 (1982) 已调查与估算了太湖、东湖及武汉市郊北湖和机器荡等湖中水蚯蚓和摇蚊幼虫对鱼类供饵能力。应用这两类动物评价一些水体的水质, 近十多年来国内已较普遍开展, 如颜京松 (1978、1980), 朱新源 (1976), 王士达等 (1981), 刘保元等 (1981) 已用摇蚊幼虫和水蚯蚓评价黄河、图门江、官厅水库、湟水等许多水体水质污染状况。用摇蚊幼虫为指标划分湖泊生态类型, 由Thienemann (1922) 首先创立。此后Lundbeck (1926), 宫地 (1933, 1937), Brundin (1956), 北川 (1978), 先后已在德国、瑞典、意大利、日本等地作了大量工作。而过去我国这方面工作尚未开展。

本文据我所高礼存、庄大栋等同志, 于1980年10月, 在洱海59个采样点调查采集所得水蚯蚓和摇蚊幼虫的标本, 以及软体动物和水生植物的定量调查结果, 试图区分所属湖泊生态类型, 评价该湖目前水体污染状况, 试估摇蚊幼虫和水蚯蚓对鱼类的供饵能力。

### 一、洱海自然概况

洱海湖形狭长, 状如耳, 南北长42.6公里, 东西最大宽度9.2公里, 平均宽5.9公里。面积249.8平方公里, 湖岸线长128.7公里, 发育率为2.3。平均水深10.2米, 最大水深20.7米, 入湖河流在北端有弥苴河、罗时江; 南端有波罗江; 西岸有源于建苍山的十八条溪流; 东岸主要有凤尾箐河、土龙河等。湖西南端的西洱河为唯一出水河, 通入漾濞江, 再入澜沧江。洱海东岸主要为侵蚀岸, 仅河流入口处有湖滩; 西岸主要为冲积岸, 18条溪流入口处在湖滨形成裙边状的扇三角洲; 南端和北端为入湖河流形成的三角洲。大部分湖岸均以陡坡形式向深水区过渡; 因此仅在一些堆积作用较强的地段存在浅水湖滩。湖岸沉积物, 在东岸自岸边至10米水深的地段呈现砾石、粗砂、细砂以至粉砂和粘土的序列。西岸各入湖溪流所形成的扇形三角洲的沉积物, 近岸为砾石、粗砂, 向前推进为细砂、粉砂。超过10米水深处一般为粘土; 两个扇形三角洲之间为微弯的湖岸或为平直湖岸, 一般自湖岸至10米水深处为粗砂、细砂至粉砂的序列, 超过10米深处为粘土。南、北两端主要入湖河流形成伸长型三角洲, 水下部分沉积物很细。如弥苴河三角洲, 自河口至4米水深处 (距岸约25米), 以砂为主, 4至9米水深处为粉砂, 9米水深 (距岸约400米) 以下即为粘土, 湖心深水区大都为粘土。

### 二、工 作 方 法

1980年10月, 在洱海比较均匀地设立了59个采样点 (图1), 进行了底栖生物包括水生植物在内的定量采集。底栖动物系以0.05平方米面积的彼得生采泥器采样, 泥样经80目/厘

<sup>①</sup> 高礼存、庄大栋同志提供了各采样点的摇蚊幼虫和水蚯蚓定量标本以及软体动物和水草的定量资料。张圣照同志代绘插图。特此致谢

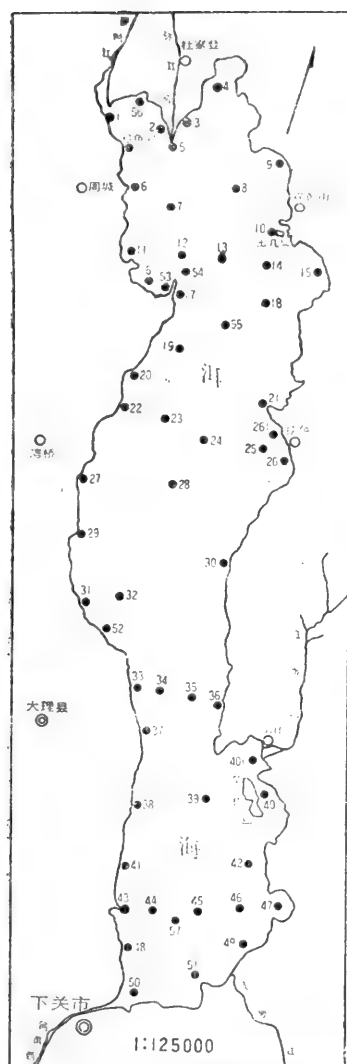


图1 洱海区域测点点位图

米<sup>2</sup>筛筛洗, 所得标本现场分类计数、称量后, 带回室内再鉴定到种。

聚类分析, 系以各点的种类组成一一进行相似性计算, 采用Srensen (1948) 的相似商计算公式。然后逐步聚类。

Goodnight指数; King & Ball指数以及Marglef多样性指数的计算, 所据公式参见颜京松 (1981) 的介绍。

### 三、结果与讨论

1. 在洱海共发现水栖寡毛类5种, 分隶于颤蚓科及仙女虫科中的3个属; 摇蚊幼虫4种, 分隶于摇蚊亚科及粗腹摇蚊亚科中4个属 (表1)。在全部59个采样点中, 底栖动物及其中的水蚯蚓、摇蚊幼虫和软体动物分别在37、30、16和27个采样点中发现; 其出现频次分别为62.7%、50.9%、27.1%及45.8% (表1)。这表明洱海的底栖生物在水平分布上还不是极普遍的。在这些底栖动物中分布最广的是水蚯蚓, 其次是软体动物, 摇蚊幼虫在该湖分布面较小。而在水蚯蚓中的苏氏尾鳃蚓及摇蚊幼虫中异腹鳃摇蚊分别在20及12个采样点中发现, 其出现频率按59个采样点计, 分别为33.9%及20.3%, 如仅按水蚯蚓或摇蚊幼虫所分布的点计, 则为66.7%及75.0%。由此可见, 这两种是在洱海分布较广的底栖动物。它们的数量最高分别达到480及200尾/米<sup>2</sup>, 按59点计的平均数量为  $29.83 \pm 9.70$  及  $17.63 \pm 5.87$  尾/米<sup>2</sup>; 分别占59个点水蚯蚓及摇蚊幼虫平均数量2067.2%及70.3%; 其生物量, 最高达9.6及0.2克/米<sup>2</sup>, 平均生物量为  $0.596 \pm 0.198$  克/米<sup>2</sup>及  $0.190 \pm 0.081$  克/米<sup>2</sup>, 水蚯蚓及摇蚊幼虫各点占有平均生物量的81.0%及75.6%。据此分析, 苏氏尾鳃蚓和异腹鳃摇蚊幼虫是洱海底栖动物中两个优势种。

2. 湖泊类型的划分, 有的据湖盆成因分类, 有的据湖水的化学成分及各成分比例分类的。但是湖泊实是一个多因素相互联系, 相互作用的统一整体, 是一生态系统, 或生物地理群落, 只有综合研究湖泊, 根据各因素相互关系, 找出能综合反映湖泊多种特征的指标来区分湖泊类型, 这是近世湖泊学发展的要求和趋势。本世纪初, Thienemann 于1913—1919年时, 调查研究了德国北部阿尔卑斯山麓小火山口湖, 揭示了湖盆形态、水色、透明度、湖水运动、溶氧量、营养程度等之间存在着的一定关系。在1922年他进一步指出, 这些环境因素决定着湖中底栖生物相。其中底层水中溶解氧量又与湖盆形态、水生植物生长发育、湖水运动、水的透明度等有关。他首先提出用摇蚊幼虫作为湖泊类型的综合分类的生物指标, 开创了综合研究湖泊, 莫立了划分湖泊生态类型及湖泊类型学的基础。继之, Lundbeck (1926年) 应用多种摇蚊幼虫为指标, 划分了更多的湖泊类型 (表2), 他认为决定不同种类组成的摇蚊幼虫的主要条件是底质, 特别是底质中腐植质的含量, 而将德国一些湖泊分为五种类



表1 洱海中底栖动物调查结果表

| 种 类                                        | 出现点次 | 出现频率  | 数 量 (尾/米 <sup>2</sup> ) |              | 生 物 量 (克/米 <sup>2</sup> ) |           |                |         |
|--------------------------------------------|------|-------|-------------------------|--------------|---------------------------|-----------|----------------|---------|
|                                            |      |       | 范 围                     | 平 均 数        | 占平均数的%                    | 范 围       | 平 均 数          | 占总平均数的% |
| 苏氏尾鳃蚓<br><i>Branchiuna sowerbyi</i>        | 26   | 33.9% | 0-480                   | 29.83±9.701  | 67.15                     | 0-9.6     | 0.596±0.1980   | 81.0    |
| 克拉泊水丝蚓<br><i>Limnodrilus ciaparedianus</i> | 9    | 15.3% | 0-100                   | 8.14±2.971   | 18.33                     | 0-1.0     | 0.098±0.0406   | 13.3    |
| 霍甫水丝蚓<br><i>Limnodrilus hoffmeianus</i>    | 3    | 5.1%  | 0-60                    | 2.04±1.245   | 4.58                      | 0-0.6     | 0.0203±0.01245 | 2.8     |
| 奥特开水丝蚓<br><i>Limnodrilus uderemianus</i>   | 3    | 5.1%  | 0-60                    | 2.04±1.245   | 4.58                      | 0-2.04    | 0.0203±0.01245 | 2.8     |
| 拟仙女虫<br><i>Paranais</i> sp.                | 1    | 1.7%  | 0-140                   | 2.37±2.362   | 5.36                      | 0-0.00017 | 0.00017        | 0.1     |
| 水蚯蚓总计                                      | 30   | 50.9% | 0-480                   | 44.42±10.344 | 100.00%                   | 0-9.6     | 0.7357±0.2036  | 100.00% |
| 侧叶影翅摇蚊<br><i>Glyptotendipes lobifera</i>   | 7    | 11.9% | 0-120                   | 6.10±2.775   | 24.31                     | 0-0.12    | 0.0509±0.0239  | 20.3    |
| 异腹鳃摇蚊<br><i>Einfeldia insolita</i>         | 12   | 20.3% | 0-200                   | 17.63±5.876  | 70.27                     | 0-0.20    | 0.1898±0.0806  | 75.6    |
| 灰跗多足摇蚊<br><i>dilum leucopus</i>            | 3    | 5.1%  | 0-20                    | 1.02±0.574   | 4.07                      | 0-0.01    | 0.0102±0.0058  | 4.1     |
| 粗跗摇蚊<br><i>Pelopia punctipehnis</i>        | 1    | 1.7%  | 0-20                    | 0.34         | 1.35                      | 0-0.0001  | 0.0001         | 0.1     |
| 摇蚊幼虫总计                                     | 16   | 27.1% | 0-320                   | 25.09±8.98   | 100.00%                   |           | 0.2510±0.0899  | 100.00% |
| 软体动物                                       | 27   | 45.8% |                         | 52.2±12.95   |                           |           |                |         |

型。宫地(1933, 1937)据日本湖泊中摇蚊幼虫区系特点,修订与增补了Lundbeck湖泊类型及指示生物。他认为Thienemann强调深层水中溶氧是决定摇蚊幼虫种类组成的主要条件,与Lundbeck强调底质中有机质含量是决定摇蚊种类组成的条件这两种意见是不矛盾的。认为底质中有机质多,耗氧量就高,溶氧少;反之,溶氧量就多些。他除结合日本摇蚊区系特点改变与增加了一些湖泊类型的指示种外,在贫营养及中营养型湖中也曾发现羽摇蚊,故在贫、中、富三类营养型湖泊中各加上一类羽摇蚊亚型湖(表2)。其区别主要在于羽摇蚊幼虫数量。贫营养羽摇蚊亚型湖中仅1000尾/米<sup>2</sup>,甚至在500尾/米<sup>2</sup>以下。中营养羽摇蚊亚型湖中为1000—3000尾/米<sup>2</sup>,富营养羽摇蚊型湖中达3000甚至7000尾/米<sup>2</sup>以上。Brundin(1956年)认为贫营养湖中直突摇蚊亚型湖,是在极地或在亚极地区的温度较低处之湖泊类型;长附摇蚊型是中度贫营养型的湖(表2)。北川(1978年)在重新调查了日本一些湖泊中底栖动物后,修订与增补了宫地(1933)所提出的日本湖泊类型及指示生物(表2),特别与溶氧的关系。

洱海的摇蚊幼虫中优势种为异腹鳃摇蚊,按宫地(1937年)的湖泊类型及指示生物,系属于富营养异腹鳃摇蚊亚型湖。按他所说,这一类型湖泊的特征是轻度富营养化,但有机质含量尚未达到非调合状态的程度,即影响生产力诸要素尚未变到比例失调或不适度,生活其中的动物多为广氧性的种类,即能在较低浓度溶氧条件下也能生存的。在夏季深层水中溶氧当在10—30%饱和度内。但是,异腹鳃摇蚊幼虫在洱海的分布仅在约五分之一地区有,这反映该湖仅部分地区已是轻度富营养化。在白洋淀,六十年代时,以及东湖在七十年代时,异腹鳃摇蚊也是其底栖动物中优势种之一。据此推断,当前洱海中部分地区,与六十年代时的白洋淀及七十年代的东湖属于相似的生态类型。

3. 洱海底栖生物中现有主要种类均是对有机质污染有较高耐性的。Brinkhurst(1965年)调查英国河流中颤蚓分布及与水质的关系之结果,揭示苏氏尾鳃蚓,霍甫水丝蚓,克拉泊水丝蚓,奥特开水丝蚓及正颤蚓是在有机质污染最严重的地方能保留下来生存的种。而洱海当前水中的水蚯蚓正是这几种耐有机质污染的种类。异腹鳃摇蚊,侧叶膨翅摇蚊是广氧性种类,耐有机质污染能力较高,但尚低于羽摇蚊群。当前洱海底栖动物中耐有机质污染能力较高的种类占优势。由此分析,该湖至少是在有这些底栖动物的区域,目前已受到有机质污染,但还不是非常严重的。据底栖动物计算的几种指示污染的生物指数值Goodnight指数在2及23号点为63.6及77.8%,超过有机质污染的标准(60%)。其余各点多不超过60%这一界限,Margalef多样性指数为2.5,也是在未污染标准(3.0)以下,但在严重污染标准(1.0)以上,也反映为轻度有机污染。

4. 对有水蚯蚓和(或)有摇蚊幼虫存在的31个采样点的群落种类组成相似性测定,并据此结果进行聚类分析(图2),如粗略地按相似商在45%以上的群落分别归类,则该湖底栖生物群落可分为三大类,即A类:包括13、27、14、26、52、5、7、6、45、37、48、26、31、56、9各采样点所代表的区域。其特点是螺及蚬的种类较多些(在3种左右)。水蚯蚓仅有苏氏尾鳃蚓或克拉泊水丝蚓,而摇蚊幼虫无,或仅有极少数的种类。B类:包括44、6、39、33、38、21各点所代表的区域。该类中贝类种类少仅有蚬,或无贝类,但都有摇蚊幼虫,水蚯蚓仅有克拉泊水丝蚓或苏氏尾鳃蚓一种。C类:包括2、30、10、34、15、36、17、4、40各点所代表的区域,这类群落中水蚯蚓及摇蚊幼虫一般均各有一种而贝类一般没有。这些不同类群的群落种类组成差异,与该湖各区间环境因素的不尽相同有关,具体的各种生物与各主要环境因素的相关性,将另文计算与分析。

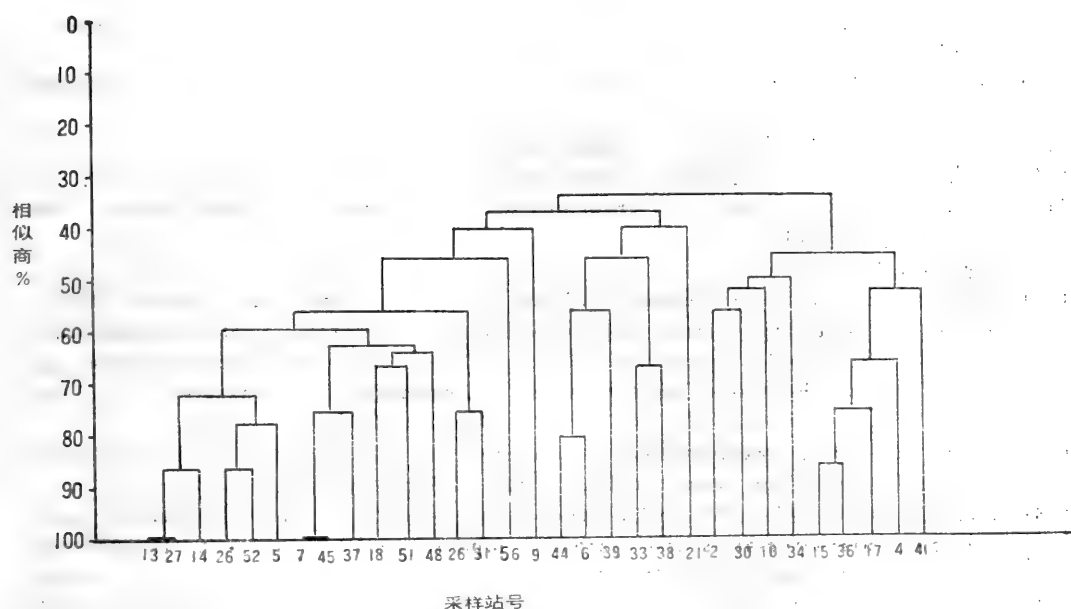


图2 洱海各采样站底栖生物群落相似性聚类谱系图

5. 按调查各点的水蚯蚓和摇蚊幼虫平均生物量计,则洱海249.76平方公里,(合374.640亩)中这两类动物现存量达183.75吨水蚯蚓及47.455吨摇蚊幼虫,如按我们在苏州读墅湖初步调查估计水蚯蚓年周转率(P/B系数)为3.51,摇蚊幼虫年周转率为7.2计,则两类生物年生产量分别可达716.6及341.7吨左右。据梁彦龄估算水蚯蚓作为鱼饵的饵料系数为6计,康斯坦丁诺夫测定摇蚊幼虫喂鳊鱼的饵料系数为3.5,我们 also 以此作为对鲤、鲫的饵料系数计算,则在保持现有这两类生物之现存量基础上,仅年生产的这一部分水蚯蚓及摇蚊幼虫,如为鲤、鲫等鱼类摄食,则可转换为217.06吨鱼,这部分生物对该湖渔业生产将有一定作用,具有一定生产潜力。

## 参 考 文 献

- (1) 王士达、朱新源、颜京松、滕德兴, 1981, 官厅水库主要污染物对底栖动物影响。环境污染与生态学文集。江苏科技出版社, 58—66。
- (2) 刘保元、王士达、王永明、黄浩明, 1981, 利用底栖动物评价图门江污染的研究, 环境科学学报 1 (4), 337—348。
- (3) 朱新源, 1978, 污染指示生物颤蚓类在河系的指示意义。环境保护生物监测与治理资料汇编。科学出版社, 132—137。
- (4) 陈其羽、梁彦龄、吴天惠, 1982, 城郊养鱼高产湖塘理化特点及生物相的分析, 水产学报 6 (4), 331—343。
- (5) 陈文海、荣淑仪, 太湖底栖动物资源变动及其合理利用。太湖水产增殖 1982 (4) 10—14。
- (6) 吴天惠、梁彦龄、陈其羽, 1976, 城郊湖塘的底栖动物及其渔业利用的初步评价湖泊水库渔业增产科技资料汇编。222—228。
- (7) 梁彦龄, 1962, 东北仙女虫类及颤蚓类纪录。水生生物集刊, 1962, (2), 14—26。
- (8) 颜京松、叶沧江, 1977, 白洋淀摇蚊幼虫及二新种记述。昆虫学报 20 (2), 183—198。
- (9) 颜京松等, 1978, 青海省湟水中作为指示生物的摇蚊幼虫, 环境保护生物监测与治理资料汇编。科学出版社, 127—131。
- (10) 颜京松、游贤文, 1980, 用底栖动物评价甘肃省境内黄河干支流枯水期水质, 环境科学 1 (4), 14—19。

- (11) 颜京松, 1981, 应用水生生物群落评价水质的一些生物数学公式。环境污染与生态学文集。江苏科技出版社, 42—48。
- (12) 北川礼澄, 1978, 底生动物相および底層水の溶存酸素飽和値 かりみたあが 国の, 湖沼の分類。陆水学杂志39 (1), 1—8。
- (13) 宫地传三郎, 1937, 底生动物と湖沼标式の問題、植及及び动物5 (1), 331—336。
- (14) 宫地传三郎, 1937, 湖底生物による湖沼の分類。水产研究志24 (7), 157—161。
- (15) Brinkurst, R. D., 1965, Observations on the recovery of British River from gross organic pollutions. Hydrobiol. 25:9—51.
- (16) Brundin, L., 1956, Die bodenfaunistischen Seetype und ihre Anwendbarkeit auf die südhalbkugel, etc., Inst. Freshwater Research. Drottningholm 37, 186—235. Bryce, D. & Hobart, A., 1972, The biology and identification of the larvae of the Chironomidae (Dipt.) Entomologistis Gazette, (23), 175—217.
- (17) Chen, Y., 1940, Taxonomy and Faunal relation of the limnitic oligochaet of China. Contribution from the Biol. Lab. of Soc of China. (14), 1—132.
- (18) Miyadi, D. (宫地传三郎), 1933, Studies on the bottom fauna of japanese lake. Regional characteristics and system of japanese lake based on the bottom fauna. jap. J. Zool., (4), 417—437.
- (19) Lundback, J., 1926, Die Bodentierwelt norddeutschen Seen. Archiv. Hydrobiol. suppl. (7), 1—147.
- (20) Srensen, T., 1948, A method of establishing group of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analysis of the vegetation on Danish commons Biol. Skr, (5), 1—34.
- (21) Thienemann, A., 1922, Die beiden Chironomusarten der Tiefenfauna der norddeutschen Seen. Ein hydrobiologisches problem. Archiv. f Hydrobiol. (13), 609—646.

## THE STUDY ON THE LIMNITIC OLIGOCHAETA AND THE LARVAE OF CHIRONOMID MIDGE (DI- PTERA) FROM ERHAI LAKE IN YUNNAN PROVINCE

Yan Jingsong

Nanjing Institute of Geography, Academia Sinica

Abstract

During the period of Oct. 1980, some quantitative samples of benthos from 59 sampling stations in Erhai lake were collected. A total of 9 species, belonging to 2 genera of Tubificidae, 1 genera of Naididae, 4 genera of Tenebrionidae (=Chironomidae) and 1 genera of pelopiinae (=Tanyptiinae) were obtained. The occurrence frequency of Oligochaeta, larvae of chironomid midge and Mollusca in all sampling stations were 50.9%, 27.1% and 45.8% respectively. The most widely distributed benthos in this lake was the limnitic Oligochaeta. The dominate species of benthos was *Branchiura sowerbyi* and

*Einfeldia insolita*. The mean density of these two species was  $29.83 - 9.7$  and  $17.63 \pm 5.87$  (maximal density was 480 and 200) ind./m<sup>2</sup>, occupying 67.15 and 70.17% in the mean density of all Oligochaeta and larvae of Chironomid midges respectively. The mean standing crop of them was 0.596—0.198 and 0.190—0.081 (maximal standing crop was 9.6 and 0.21) g/m<sup>2</sup>, occupying 81.0% and 75.6% in the mean standing crop of all oligochaeta and larvae of chironomid midges respectively. Their occurrence frequency was 66.7% and 75.0% in all stations which presented the oligochaeta and larvae of chironomid midges respectively.

According to the analysis of the bottom fauna as the Miyadi's ecological classification of lakes. This lake would be considered to be a *Einfeldia* lake, a subtype of eutrophic lake.

According to the biological assessment of water quality analysis of bottom fauna and Goodnight's biotic indicators this lake had been slightly polluted by some organic pollutants.

Using a clustering technique based on the Srensen's quotient of similarity for macroinvertebrates collected from 59 sampling stations in this lake, three groups would be identified. The group A was abundant in the species of snails and *Corbicula*, few species of Oligochaeta and scant of larvae of Chironomid midges; the group B was abundant species in larvae of chironomid midges, only a few species of *Corbicula* and a species of Oligochaeta, *Branchiura sowerbyi* or *Limnodrilus claperedianus*; the group C was scant of Mollusca. Only a species of Oligochaeta or the larvae of chironomid midges was identified.

It was calculated that the total standing crop of Oligochaeta and larvae of chironomid midges was almost 183.75 and 47.46 tons in whole lake respectively. The potential annual production of the carp etc. feeding on them may reach to 217.06 tons or more by utilizing the productivity of oligochaeta and larvae of chironomid midges.

## 61. 横断山地区主要湖泊底泥肥力状况的初步分析<sup>①</sup>

隋 桂 荣

(中国科学院南京地理研究所)

我国劳动人民早有蓄泥积肥, 促进农业增产的经验。近年来又有人采用喷撒底泥肥水, 促使水体饵料生物繁殖, 发展渔业的技术。但是对各个湖泊底泥中的营养元素状况却缺乏系统的分析与研究。为此我们于1981—1982年对洱海、程海、泸沽湖、马湖和邛海等湖泊底泥沉积物(厚度20厘米)中有机质、总氮、全磷、全钾及速效钾的含量和 pH 值进行了分析, 旨在寻找农田肥源和发展渔业生产提供一定的科学依据。现将分析结果报告如下。

### 一、自然地理概况

洱海、程海等五个湖泊是横断山地区的典型湖泊, 其中以洱海的面积最大, 有249.76平方公里, 平均水深为10.2米, 最大水深为20.7米; 马湖虽然面积不大, 仅7.32平方公里, 但

表1 横断山地区主要湖泊地理位置及形态特征

单位: 公里, 米

| 湖 名 | 所属地区              | 面 积    | 水 深    |       | 湖面海拔    | 湖泊类型  |
|-----|-------------------|--------|--------|-------|---------|-------|
|     |                   |        | 最 大    | 平 均   |         |       |
| 洱 海 | 云南大理县             | 249.76 | 20.70  | 10.20 | 1974    | 断裂侵蚀型 |
| 程 海 | 云南永胜县             | 77.22  | 35.10  | 25.74 | 1503    | 断裂侵蚀型 |
| 泸沽湖 | 云南宁蒗和四川<br>盐源二县交界 | 48.45  | 93.56  | 40.30 | 2690.70 | 断裂陷落型 |
| 马 湖 | 四川雷波              | 7.32   | 134.00 | 65.7  | 1160    | 断陷堰塞型 |
| 邛 海 | 四川西昌              | 31.00  | 18.00  |       | 1510    | 断裂陷落型 |

最大水深可达134米, 为我国第三深水湖泊(见表1)。这些湖泊由于所处地理位置、湖泊周围岩性、植被和其它条件不同, 因而湖泊底质中肥力状况也各不相同。

### 二、工 作 方 法

底泥的采集: 采样工具用彼得生采泥器。样品采集后分别装在布口袋里, 带回实验室内风干, 然后根据所分析项目的要求进行样品处理和分析。

测定方法: pH值用电位法; 有机质用重铬酸钾法; 总氮用重铬酸钾-硫酸消化法; 全磷用氢氟酸-硫酸熔样钼锑抗比色法; 全钾用氢氟酸-硫酸熔样-火焰光度法; 速效钾用醋酸铵

<sup>①</sup> 样品由高礼存、庄大栋、戴全裕、杨留法等同志提供, 本文经高礼存、戴全裕、张立、周万平、庄大栋等同志帮助审阅、修改, 王海斌同志参加部分样品的分析, 在此一并感谢

提取-火焰光度法。

三、不同湖泊的底泥肥力状况

洱海、程海、泸沽湖、马湖、邛海五个湖泊底泥表层沉积物测定的pH值，有机质%，总氮%，全磷（P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>）%、全钾（K<sub>2</sub>O）%及速效钾的含量见表2。

1. pH值

五个湖泊底泥pH值总的变化范围在6.30—9.30之间，但每个湖泊又不尽相同，其中马湖的pH值最小，变幅在6.30—7.00之间，平均为6.61，略偏酸性，其他湖泊均呈弱碱性。

表2 不同类型湖泊底质肥力状况的比较

| 湖名  | 分析点数 | pH值  |      | 有机质%   |       | 总氮%   |       | 全磷%   |       | 全钾%   |       | 速效钾K<br>毫克/100克土 |       |
|-----|------|------|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------|
|     |      | 范围   | 平均   | 范围     | 平均    | 范围    | 平均    | 范围    | 平均    | 范围    | 平均    | 范围               | 平均    |
| 洱海  | 27   | 7.80 |      | 1.307  |       | 0.072 |       | 0.208 |       | 1.345 |       | 10.80            |       |
|     |      | 8.25 | 8.00 | 3.772  | 3.141 | 0.195 | 0.152 | 0.313 | 0.254 | 2.470 | 2.134 | 39.90            | 31.20 |
| 程海  | 21   | 8.80 |      | 0.770  |       | 0.047 |       | 0.143 |       | 1.450 |       | 19.20            |       |
|     |      | 9.30 | 9.09 | 3.089  | 1.762 | 0.135 | 0.088 | 0.258 | 0.179 | 2.875 | 2.274 | 44.80            | 31.37 |
| 泸沽湖 | 17   | 8.05 |      | 0.768  |       | 0.134 |       | 0.088 |       | 0.160 |       | 5.80             |       |
|     |      | 8.40 | 8.21 | 13.081 | 6.835 | 0.650 | 0.298 | 1.019 | 0.334 | 1.755 | 1.127 | 20.20            | 10.84 |
| 马湖  | 12   | 6.30 |      | 1.608  |       | 0.034 |       | 0.119 |       | 1.600 |       | 10.70            |       |
|     |      | 7.00 | 6.61 | 5.759  | 4.236 | 0.252 | 0.160 | 0.300 | 0.242 | 2.340 | 2.029 | 33.60            | 23.38 |
| 邛海  | 16   | 7.90 |      | 0.266  |       | 0.033 |       | 0.053 |       | 1.010 |       | 5.60             |       |
|     |      | 8.50 | 8.22 | 3.864  | 1.656 | 0.158 | 0.092 | 0.138 | 0.114 | 3.690 | 2.616 | 25.90            | 14.79 |

2. 有机质%

五个湖泊底泥中有机质总的含量变幅在0.266—13.081%之间，其中以泸沽湖变化幅度最大，在0.768—12.935%之间，平均为6.835%；马湖、洱海、程海变幅在0.770—5.759%之间；邛海最小，变幅在0.266—3.864%之间，平均为1.656%。

3. 总氮（N）%

总氮的含量变化幅度也很大，在0.033—0.650%之间，其中泸沽湖含量最高，变幅在0.134—0.650%之间，平均为0.298%；马湖仅次于泸沽湖；洱海、邛海、程海的变幅在0.033—0.195%之间。

4. 全磷（P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>）%

全磷的含量变幅在0.053—1.019%之间，其中泸沽湖的含量最高，变幅在0.088—1.019%之间，平均为0.324%；洱海、马湖、程海的含量具中；邛海的含量最低，变幅在0.053—0.138%之间，平均为0.114%。

## 5. 全钾 ( $K_2O$ ) %

钾在这些湖泊底泥中的变化幅度不大, 除泸沽湖全钾的含量比较低外, 其余几个湖泊底泥全钾的含量均超过2.000%以上。

## 6. 速效钾 (K毫克/100克土)

速效钾是指直接能被植物吸收和利用的钾元素。几个湖泊底泥中速效钾的含量变幅在10.84~31.37 (K毫克/100克土) 之间, 其中以程海的含量最高, 平均为31.37 (K毫克/100克土), 其次为洱海, 达31.20 (K毫克/100克土), 泸沽湖的含量最低, 为10.84 (K毫克/100克土)。

从以上分析结果看, 它们的次序为, pH值: 程海>邛海>泸沽湖>洱海>马湖; 有机质含量: 泸沽湖>马湖>洱海>程海>邛海; 总氮的含量: 泸沽湖>马湖>洱海>邛海>程海; 全磷的含量: 泸沽湖>洱海>马湖>程海>邛海; 全钾的含量: 邛海>程海>洱海>马湖>泸沽湖; 速效钾的含量: 程海>洱海>马湖>邛海>泸沽湖。不难看出, 泸沽湖、马湖底泥中有机质、总氮、全磷的含量均明显高于其它湖泊, 而全钾的含量则明显低于其它湖泊, 出现这一现象的原因是泸沽湖、马湖系深水湖, 湖盆的形态特征决定了湖水垂直搅动混合微弱, 因而有机质、总氮、全磷富集于湖底, 不易扩散与氧化, 所以不能很好地被绿色植物所吸收利用。特别是泸沽湖的螺旋项圈藻 (*Anabaena Spiroides*) 是该湖的优势种群, 有时还形成水花 (又称湖靛), 死亡后, 常沉于湖底, 这可能是该湖沉积物中有机质和总氮、全磷的主要来源。而邛海由于水较浅, 在风浪的作用下, 湖水易于混合, 使湖底泥表层的有机质及总氮、全磷被释放到水层中, 增加水体中的营养物, 为浮游生物的生长, 繁殖提供了有利的条件。从实际采集情况看, 该湖的浮游生物量明显地高于其它湖泊, 这也明显地证实了这一点。洱海总氮、全磷、全钾及有机质的含量均处于中等程度, 这与该湖有着大量的虾、螺及蚬资源有密切关系。如虾年捕捞量达100万斤, 湖内螺、蚬的产量约43,546吨, 它们常以有机碎屑为主要食料, 每年需消化一定量的有机质。但是, 该湖水生植物分布面积大、数量多、植物残体在湖底堆积作用严重, 因而底泥中有机质、总氮、全磷和全钾的含量仍然十分丰富。从一些湖泊平面分布的差异性也可以看出, 邛海的2号点处于水草稠密区, 冬季水生植物死亡后沉积于湖底, 增加了底泥中大量有机质, 再经过微生物的分解, 转化为无机盐, 因而有机质含量为3.864%, 总氮的含量为0.158%, 全磷的含量为0.120%。而8号点则常处于迎风岸, 水体混合作用强烈, 水生植物长势又差, 有机质含量仅为0.266%, 总氮的含量为0.033%, 全磷的含量为0.078%。就拿同一湖泊来说, 不同区域, 其肥力状况也各不相同。如: 泸沽湖在开敞区的有机质含量变幅在6.133—13.081%之间, 总氮的含量变幅在0.318—0.650%之间, 全磷的含量变幅在0.200—0.269%之间; 而在沿岸区有机质的含量变幅在2.200—3.902%之间, 总氮的含量变幅在0.143—0.283%之间, 全磷的含量变幅在0.088—0.675%之间。

在一些浅水型湖泊中的湖底沉积物碎屑不仅是鱼、虾及底栖动物的主要摄食对象, 还是沿湖农田有机肥料的来源地。我们又将长江中下游湖泊与横断山地区的主要湖泊作了比较, 综合分析, 前者高于后者 (见表3)。

若与美国Ballinger和Mceee两位学者分析的资料 (表4、表5) 对照, 洱海、程海、泸沽湖、马湖和邛海五个湖泊中有机炭和有机氮的含量均属第I类底泥。



表3 横断山地区与长江中下游地区湖泊肥力状况 (单位%)

| 湖 名   | 有 机 质 | 总 氮   | 全 磷   | 全 钾   |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 洱 海   | 3.141 | 0.152 | 0.254 | 2.134 |
| 程 海   | 1.762 | 0.088 | 0.179 | 2.274 |
| 泸 沽 湖 | 6.835 | 0.298 | 0.334 | 1.127 |
| 马 湖   | 4.236 | 0.160 | 0.242 | 2.029 |
| 邛 海   | 1.656 | 0.092 | 0.114 | 2.616 |
| 太 湖   | 1.365 | 0.075 | 0.127 | 1.882 |
| 鄱 阳 湖 | 1.826 | 0.075 | 0.119 | 3.042 |
| 巢 湖   | 1.756 | 0.066 | 0.135 | 2.102 |

表4 水体底泥的有机组成及其分类 (单位%)

| 底 泥 的 分 类 | 有 机 炭 含 量          | 有 机 氮 含 量           | 底 质 举 例           |
|-----------|--------------------|---------------------|-------------------|
| I         | 0.4~2.0<br>2.0~5.0 | 0.02~0.1<br>0.1~0.2 | 砂、粘土、淤泥、陈旧污泥、泥炭   |
| II        | 6.0~15.0           | 0.1~0.3             | 纸厂废水沉渣            |
| III       | 2.8~15.0           | 0.3~0.5             | 包装厂废水沉渣           |
| IV        | 5.0~40.0           | 0.7~5.0             | 新鲜污泥、腐败性藻类、生活污水沉渣 |

表5 有机炭有机氮有机质指数含量

| 湖 名   | 有 机 炭 % | 有 机 氮 % | 有 机 质 指 数 |
|-------|---------|---------|-----------|
| 泸 沽 湖 | 3.97    | 0.28    | 1.12      |
| 马 湖   | 2.46    | 0.15    | 0.37      |
| 洱 海   | 1.82    | 0.14    | 0.26      |
| 程 海   | 1.02    | 0.08    | 0.09      |
| 邛 海   | 0.96    | 0.09    | 0.08      |

## 结 语

通过上述分析,泸沽湖、洱海、程海、马湖、邛海等横断山地区的湖泊底泥中的有机质及其他营养元素是非常丰富的,除钾的含量外一般均高于长江中下游的主要湖泊(如鄱阳湖、太湖和巢湖等)。这对发展这些地区的水生生物及开发利用湖泊底泥肥源提供了一定的科学

依据。特别是泸沽湖的湖靛（由螺旋项圈藻组成）其有机质，总氮和全磷均较高，在它大量生长，繁殖季节捞取经沤制后，是一种肥效较高的农田有机肥料，建议有关部门推广应用。

### 参 考 文 献

中国科学院南京土壤研究所编，1978，《土壤理化分析》。中国科学技术出版社。

## THE PRELIMINARY STUDY ON THE BOTTOM FERTILITY CONDITION OF MAJOR LAKES OF HENGDUAN MOUNTAINS

Shui Guiyong

Nanjing Institute of Geography, Academia Sinica

### Abstract

During the period of 1981-1982, chemical analyses of clay samples taken from bottom surface of Erhai, Chenhai, Luguhu, Mahu and Qionghai of Hengduan mountains for PH value, the contents of the organic matter, total N, total  $P_2O_5$ , total  $K_2O$  as well as the available  $K_2O$  (i.e. mg/100g soil dry weight), have been done. Based upon above chemical analyses, the bottom fertility and the organic matter have been studied. The practically determined results show as follows:

The PH value range is from 6.30 to 9.30. It demonstrates slight acidity to basicity.

The organic matter contents vary in range from 0.266% to 13.081% with maximum contents being 49.2 times as magnitude as minimum one, i.e. the diversity is larger.

The total N content varies in range from 0.033% to 0.650% with maximum content being 19.7 times as magnitude as minimum one, and directly varies as the organic matter contents.

The varying range of the total  $P_2O_5$  content is within 0.053-1.091% with maximum content being 19.2 times as magnitude as minimum one.

The total  $K_2O$  content range is from 0.160% to 3.69%.

The available  $K_2O$  content range is from 5.6 to 44.80 ( $K_2O$  mg/100g soil), i.e. the diversity is larger.

As mentioned above, the content in Luguhu lake is highest, but lowest in Qionghaihu lake. Compared with those in Taihu lake of lower reaches of the Changjiang River, the bottom fertility and the organic matter in Luguhu, Erhai, Chenhai and Mahu are higher, whereas, the content in Qionghai is lower.

## 62. 四川金川八步里沟泥石流 综合治理规划<sup>①</sup>

李德基 柳素清

(中国科学院成都地理研究所)

### 一、八步里沟泥石流形成条件、 活动状况与危害分析

#### (一) 泥石流形成条件与人为影响因素

##### 1. 泥石流形成条件

八步里沟流域面积为44.78平方公里(据1/2.5万地形图,以下地形数据同),呈一近似东西向的平行四边形。沟头分水岭海拔4446米,自西向东流经城厢公社三、二、一大队,横穿县城汇入大金川。主沟全长14.22公里,沟床平均纵比降122.34%,其南、北两侧分水岭海拔3100—4300米,岭谷高差达800—1200米,山坡平均坡度在25°—30°以上,山高、谷深、坡陡的地形特点为泥石流形成和活动提供了有利条件。

流域地表出露三叠系上统侏倭组( $T_3Z_h$ )灰色砂岩—灰黑色板岩互层和新都桥组( $T_3X_n$ )黑色板岩夹砂岩,凝灰质砂岩及灰岩等,地层比较单一<sup>②</sup>。流域东部海拔2300—2800米,岩层上复黄、红褐土,是大寨子支沟泥石流细颗粒成分的重要补给源。岩层走向北西310°—325°,倾向北东、倾角较大,其质地软硬相间、节理、裂隙发育,风化作用强烈,风化壳厚度一般在10米以上。本区处在甘孜—康定—石棉和龙门山两深大断裂带、大地震带之间,强地震影响比较频繁,沿沟谷两岸崩塌、滑坡、土溜等不良物理地质现象比较发育,尤以主沟上游水干沟和中游大寨子沟为甚,它们为八步里沟流域的泥石流活动储备并提供了大量的松散固体物质。

金川县属于山地暖温带气候区。据金川县气象站资料,多年平均年降水量642.9毫米,最高(1980年)达到858.0毫米,最低(1972年)仅456.2毫米。降水年内分布不均,干湿季明显。5—10月为雨季,占全年降水量的90%;11月至次年5月为干季,仅占全年降水量的10%。实测最大月降水量达222.8毫米(1960年8月),占当年降水量的29.1%。雨季内月降水量呈双峰型分布。每年雨季开始和临近结束有两次大的降水过程,属月降水高峰,是泥石流暴发的旺季。7、8月则常有伏旱发生,但不时有集中强降雨出现,仍有暴发泥石流之可能。据29年24小时降水资料分析,达到或超过50毫米暴雨标准的仅有3次(1971、1980和1981年)。短历时降水的变率较大,降水的局地性特征十分显著。一次降水过程的雨量集中,往往一、两小时,甚至数十分钟的强降雨(当地称为骡子雨),可降20—30毫米雨量,足以激发泥石流。

① 参加野外考察的还有我所唐邦兴、吕儒仁、谭万沛、刘世建和金川县规划治理指挥部的部分同志

② 四川省地质局,金川幅1/20万地质图

## 2. 森林植被与人类活动影响因素

八步里沟流域地处中纬山地,日照充足,气温及降水对植物生长有利,属于川西横断山纵谷北段半干旱半湿润亚热带山地森林带。解放后,特别是1958年以来人为破坏森林植被较为严重。据1958年林业部林调队森林经理调查,林地总面积达37.10平方公里<sup>①</sup>,约占全流域面积的82.86%。经过大量砍伐以后,1965年林地面积下降为占全流域的62%。1966年以后乱砍滥伐,使林地面积再度下降到仅占流域面积的45.6%。现森林植被覆盖度低于30%的沟坡水土流失严重,大寨子沟的泥石流活动尤为强烈。

由于乱砍滥伐、毁林开荒、陡坡种植使森林覆盖面积大幅度降低,削弱了其保水固土作用。此外,在兴修水利、道路和扩大耕种面积等方面,由于措施不当引起渠水渗漏、山坡失稳,以致水土流失加剧,导致洪水沟、嘎崩沟、洪桥沟和蔡家沟的泥石流频繁暴发。

### (二) 泥石流活动与危害状况分析

如上所述,八步里沟已具备泥石流形成有利的地形、松散固体物质和水源等基本条件,当暴雨激发条件满足时,就可能暴发泥石流。八步里沟历次发生的都属于暴雨泥石流。从残留的泥石流堆积物分析,这是一条活动历史悠久的古老泥石流沟。据调查,1926年7月,全流域降大暴雨使水干沟、大寨子沟等形成大规模泥石流,龙头高两丈多、内挟巨石和树木,席卷沿沟7座水磨、13家住户及数十亩耕地。下游老街及今县委一带受严重危害,旧县城有“水打坝”之名。查史料<sup>1)</sup>记载有:

“民国16年6月15、17、18、20等日冰雹迭降,庄稼摧残、地亩冲没,23日夜雷电交作,山溪洪水暴涨,市面水深数尺,几成泽国”。

又“民国19年、金川7月初9半夜暴雨大作,山水骤发,屯上房屋、耕地、人畜冲刷殆尽”。

历史上,较大规模的泥石流还有多次,当地老人讲,1926年那次是近百年来泥石流规模最大,范围最广,危害及损失最严重的一次。

初步查明,解放以来八步里沟流域上游水干沟、陈家火地沟、骆皮匠沟和中游大寨子沟、洪水沟、大水沟、何家沟、嘎崩沟及城区附近的洪桥沟、蔡家沟等,自六十年代以来曾有过多次泥石流活动。到七十年代末期,因人类不合理的经济活动促使泥石流活动加剧,尤以水干沟和大寨子沟为甚。最近几年,泥石流活动达到高潮,仅仅由于暴雨强度及雨量所限,泥石流规模不及1926年大,加之三家寨水库拦蓄沙石,阻止泥石流下泄,故未演成严重灾害。

八步里沟泥石流有下面两种形成、活动与危害方式:一类是暴雨促使支沟的崩塌、滑坡活动形成泥石流,或黄、红褐土等松散地层受暴雨冲刷,造成坡面和沟床强烈侵蚀而形成泥石流。这类泥石流流体粘稠,容重在2.0吨/米<sup>3</sup>以上,规模小、历时短,并在进入主沟床处,因纵坡变缓而发生堆积、淤埋耕地,造成局地危害。大寨子沟的泥石流就属于这种类型。另一类是主沟上游水干沟暴发泥石流与其它支沟的洪水汇合,沿程揭沟底导致泥石流规模不断扩大,形成稀性泥石流、水石质泥石流;或主沟洪水搬运支沟泥石流堆积物形成次生泥石流。这类泥石流一般不很粘稠,但规模大、历时长、能量足、流程远,对沿沟造成较大危害,甚至威胁县城安全。1926年的泥石流就属于这一类型。

上述表明,八步里沟流域具备泥石流形成有利地形条件且在短期内不会改变。目前,在大寨子沟头、水干沟沿岸和主沟三家寨水库右岸的新、老滑坡,以及主沟床里的泥石流堆积

<sup>①</sup> 四川省林业勘察设计院,1963四川省森林土壤的地理分布及其生产特性

物等，松散固体物总储量达130万立方米以上。因其输送条件变得更加有利，激发泥石流所需暴雨强度和雨量相应降低，在有充足的前期降雨和地震条件下，暴雨和大雨将激发大寨子沟和水干沟的泥石流不断发生，并沿主沟向下游逐段搬运。一旦出现强度高，历时长的暴雨、大暴雨时，主、支沟的泥石流汇合而增强，将直泻金川县城，造成极为严重的灾害。因此，八步里沟的泥石流急待治理、其理由是：

(1) 金川县城建在泥石流堆积扇上。八步里沟横穿城区而过，为了确保安全，免除泥石流灾害之威胁，确有必要进行治理。现城区有各种建筑物20万平方米，住户6000余人，固定资产达3500万元、搬迁实不可能。积极、稳妥而有效的办法是进行流域综合治理，所需费用与搬迁县城费用或防护效益相比，属于省费用效益大的工程。

(2) 综观国内外，特别是省内泥石流灾害现状及防治经验，泥石流暴发规律是可以被认识，泥石流灾害也是可以通过治理而得到控制的。

(3) 同省内外实行综合治理的几处泥石流相比，对八步里沟进行综合治理的条件是具备的、有利的。

## 二、八步里沟泥石流综合治理方案

### (一) 规划治理原则及设计标准

八步里沟流域面积较大，泥石流支沟条数多，距离县城远近不一。主、支沟的泥石流在暴发频率、规模与危害作用方面差别较大。为了充分发挥有限投资的经济效力，使泥石流治理卓有成效，流域规划要突出重点，兼顾一般，既考虑需要，又结合实际可能。因此，拟定的规划原则是“全面规划、综合治理、因害设防、保证重点、讲求实效、投资可能、确保基本控制或免除泥石流灾害”。

鉴于防护的主要对象是县级城镇，充分考虑了泥石流成灾迅速，破坏性极大这一特点，确定设计标准为“按50年一遇暴雨作为计算泥石流拦蓄与排导数量的主要依据”，力求一般的泥石流不受灾，能控制相当于50年一遇或象1926年那样大规模的泥石流，减小灾情，不使县城遭受毁灭性灾害。

### (二) 综合治理措施要点

1. 工程措施与生物措施相结合。主沟及大寨子沟以工程措施为主；洪桥沟、蔡家沟、何家沟、嘎崩沟、洪水沟等以生物措施为主。采取点面结合、重点突出。近期以工程措施为主，力求尽快实施，及早受益。生物措施投资较省、周期较长，宜发动群众及早进行并持之以恒，一旦形成森林生态系统，充分发挥保水固土作用之后，可对泥石流起抑制作用。

2. 主沟拦蓄工程与排导工程相结合。分段拦蓄、层层设防，既拦蓄泥石流中固体物使土水分离，又回淤改变沟床纵坡，减弱泥石流能量，促使沟岸滑坡及边坡稳定，消除隐患，从而使泥石流活动得到控制。大寨子沟沟短水少，但坡陡土松，加之地下水出渗使滑坡体极不稳定。因此，采取以蓄水为主、加强排水的治理方案，辅以填塞滑坡体裂缝。在滑坡体上种草植树促使滑坡体稳定等多种措施，以阻止泥石流发生。主沟鹦歌嘴以下地狭人稠，下游城区平坦开阔，因而应加强排导，不使泥石流泛滥为害。

3. 治坡与治沟的生物措施相结合。严格封山育林与护林奖惩相结合。消除泥石流危害与发展林业生产相结合。流域中下游及下游阴山一带，以封山育林为主，辅以人工促进天然更新。阳坡及危害性大的泥石流沟实行人工造林。

(三) 综合治理方案

1. 工程措施

主沟拦蓄方案, 根据以上设计标准, 按泥石流现状及历史情况, 推算今后50—60年内泥石流中固体物的最大输移量总计约为114万立方米(表1)。这个数量将随泥石流源地森林的恢复与环境保护而递减。因此, 规划方案中5座拦砂坝总库容达48.45万立方米(表2)有足够的防备能力, 可保证相当长的淤满年限。他们将对县城的安全及排导沟的正常运用起基本保证作用图(1)。

表1 八步里沟流域不同频率泥石流固体物含量计算表

| 沟 道                       | 发生频率<br>(%) | 最大流量<br>(米 <sup>3</sup> /秒) | 过程总历时<br>(小时) | 固体物含量<br>(%) | 固体物总量<br>(万米 <sup>3</sup> ) |
|---------------------------|-------------|-----------------------------|---------------|--------------|-----------------------------|
| 八步里沟<br>河上湾<br>( )<br>坝 址 | 2           | 110.53                      | 3.40          | 0.375        | 22.83                       |
|                           | 3           | 94.02                       | 2.72          |              | 13.81                       |
|                           | 10          | 69.30                       | 2.11          |              | 6.91                        |
|                           | 10—12.5     | 47.42                       | 1.85          |              | 4.15                        |
| 大寨子沟                      | 2           | 27.33                       | 1.69          | 0.686        | 5.13                        |
|                           | 3           | 23.62                       | 1.27          |              | 3.33                        |
|                           | 10          | 17.44                       | 0.98          |              | 1.64                        |
|                           | 10—12.5     | 12.93                       | 0.84          |              | 1.07                        |

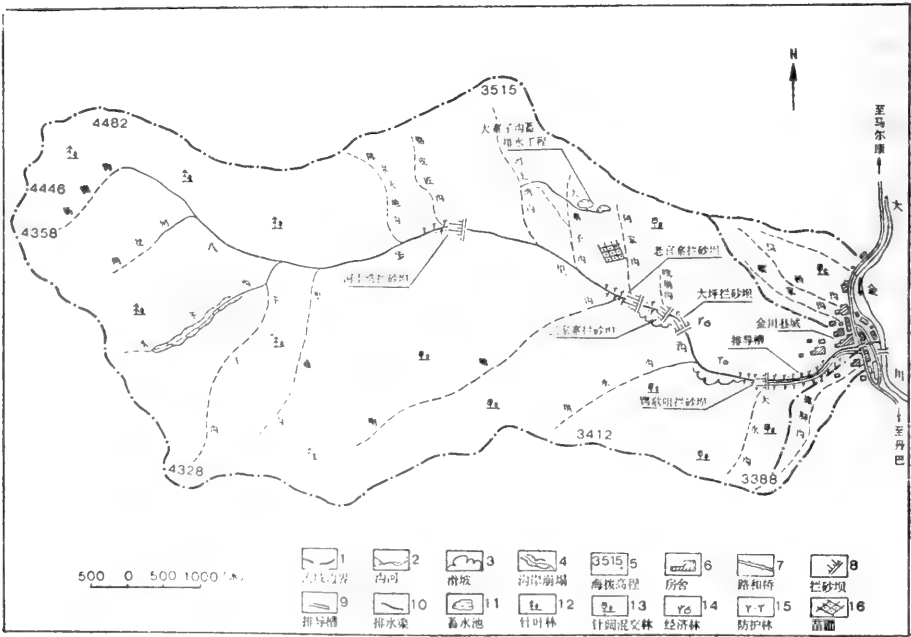


图1 金川县八步里沟流域泥石流综合治理规划图

表2 八步里沟各级拦砂坝概况表

| 坝 名    | 坝 高<br>(米) | 坝 顶 长<br>(米) | 回 淤 距 离<br>(米) | 拦 砂 库 容<br>(万米 <sup>3</sup> ) |
|--------|------------|--------------|----------------|-------------------------------|
| 河上湾拦砂坝 | 20         | 95.5         | 270            | 21.18                         |
|        | 12         | 62.5         | 210            | 10.15                         |
| 老官寨拦砂坝 | 10         | 79           | 140            | 5.23                          |
| 三家寨拦砂坝 | 5          | 52           | >270           | 5.47                          |
| 大坪拦砂坝  | 9          | 44.75        | 175            | 3.62                          |
| 鹦歌嘴拦砂坝 | 15         | 67.8         | 255            | 12                            |

除此以外, 还可以利用鹦歌嘴至县招待所 1.5 公里河滩, 在排泄较大泥石流时有控制地进行放淤。预计可拦蓄泥石流中 9 万立方米固体物。

主沟排导方案, 经各拦砂坝节节拦蓄、调节之后, 50 年一遇泥石流下泄流量减为 50 米<sup>3</sup>/秒, 以此作为排导槽的设计流量。若预留 0.5 米安全超高, 泥石流平槽时的最大通过流量为 110 米<sup>3</sup>/秒 (表 3)。

表3 八步里沟泥石流排导槽计算成果

| 桩 号         | 槽 长<br>(米) | 纵 比 降<br>(%) | 底 宽<br>(米) | 槽 深<br>(米) | 断 面 积<br>(米 <sup>2</sup> ) | 通过能力<br>(米 <sup>3</sup> /秒) |
|-------------|------------|--------------|------------|------------|----------------------------|-----------------------------|
| 0+000-0+400 | 400        | 107.57       | 4.00       | 2.90       | 15.81                      | 110.72                      |
| 0+400-1+000 | 600        | 83.33        | 3.60       | 3.30       | 17.33                      | 110.17                      |
| 1+000-1+420 | 420        | 90.48        | 3.20       | 3.34       | 16.66                      | 108.67                      |
| 1+420-1+758 | 338        | 64.25        | 3.20       | 3.70       | 18.64                      | 106.54                      |

大寨子支沟蓄水、排水方案, 按 50 年一遇 24 小时暴雨量为 71 立方毫米计算, 沟道上游洪峰流量为 2.78 米<sup>3</sup>/秒, 过程洪水总量为 1.59 万立方米, 将沟头现有两个水凼扩大到 5000 平方米, 可蓄水 8000 立方米, 下余 8000 立方米洪水按当天降雨历时 9—12 小时排完计算, 需开挖 2.5 公里土渠, 将水排入上游河上湾沟。同时加作坡面汇水天沟及滑坡上缘集、排水沟, 堵塞滑坡体裂缝等辅助性工程, 则危害滑坡体的地下水源减少, 地表水受到控制, 滑坡将日趋稳定, 泥石流将日渐减弱并最终得到控制。

以上是经过若干方案比较之后优选出来的工程措施推荐方案。预计, 若选用这一方案进行设计, 保证施工质量、加强工程运用管理并充分发挥生物措施的作用, 则“确保基本控制或免除八步里沟泥石流灾害”的治理目的是可以实现的。

## 2. 生物措施

该沟生物措施包括林业一生物措施和农业一生物措施两部分。

林业一生物措施, 包括水源涵养林的改造, 水土保持林营造及林种改造, 防护林、经济林、薪炭林营造和新建苗圃六个部分

(1) 水源涵养林的改造, 主沟三座坟以上水源区, 须严格封山育林, 人工促进天然更

新,改造不良林分,使之形成稳定林分结构。对林中倒木、病腐木及影响母树生长的优势木进行择伐、清理。水干沟两岸土质疏松,垮塌严重,为此,应清除距沟岸5米以内的乔木树种,以防止崩塌继续发展。各沟上游海拔3900米林线以上至牧场为仅100米宽的亚高山杜鹃灌丛带,有保护沟头作用,也起水源涵养林的作用。水干沟沟头溯源侵蚀急剧发展,垮塌已延伸至草甸,为控制溯源侵蚀,应将沟岸20—30米宽划为保护带、禁止放牧,以恢复草被。

(2) 水土保持林:主沟中、下游两岸山坡及各沟两岸沟坡的森林有保持水土与护坡作用,应继续封山育林。支沟床中及距离沟岸5—10米的林木应只能抚育、禁止采伐,以确保沟岸稳定。流域各沟及阳坡需造黑刺、羊蹄甲、马桑、臭椿、四川扁桃等耐旱树种。大寨子沟头做“插杨谷坊”,同时封山育草、植灌、营造针阔叶混交林。蔡家沟、洪桥沟沟头,属于泥石流补给源的耕地,应退耕还林、种草植灌,沟中做生物谷坊。

(3) 防护林:工程实施后,在库区、坝区,排导槽与排洪渠旁,蓄水池岸及鹦歌嘴下游滩地,都可实行绿化,种植防护林保护工程设施,延长其使用寿命。

(4) 经济林:充分利用流域中、下游海拔2800米以下阳坡及村寨周围荒坡种植果树,以改变环境,增加群众收入。

(5) 薪炭林:封山后,宜在房前屋后及道路旁、地埂边种植速生树种,争取短期内就地解决当地群众的烧柴问题。

(6) 苗圃:为了就地解决造林所需苗木,选定在八步里沟内建5亩苗圃。

#### 农业—生物措施

(1) 流域内不宜再扩大耕地面积,应努力提高单产,并逐步向以林为主的方针过渡,大力发展林业及果树。

(2) 有计划地逐步改变现有坡耕地为梯地,减少水土流失。

(3) 将大于25度的坡耕地及属于泥石流补给源的耕地退耕还林。

(4) 大寨子沟口的河坝地应退耕,插种杨树椿防冲林。

## A COMPEHENSIVE PLANNING FOR CONTROLLING DEBRIS FLOWS OF BABULI GULLY, JINCHUAN COUNTY OF SICHUAN PROVINCE

Li Deji

Liu Shuqing

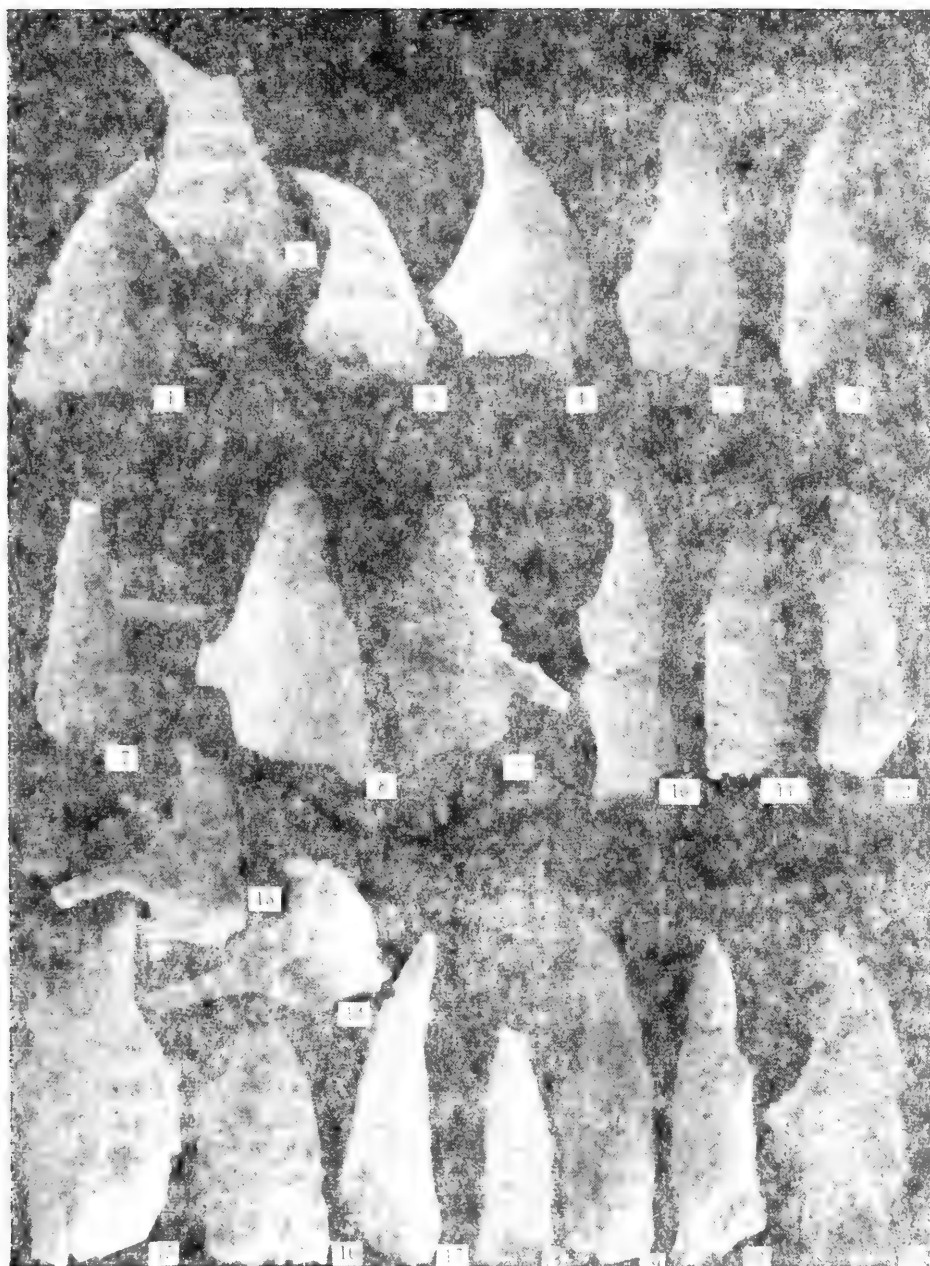
Chengdu Institute of Geography, Academia Sinica

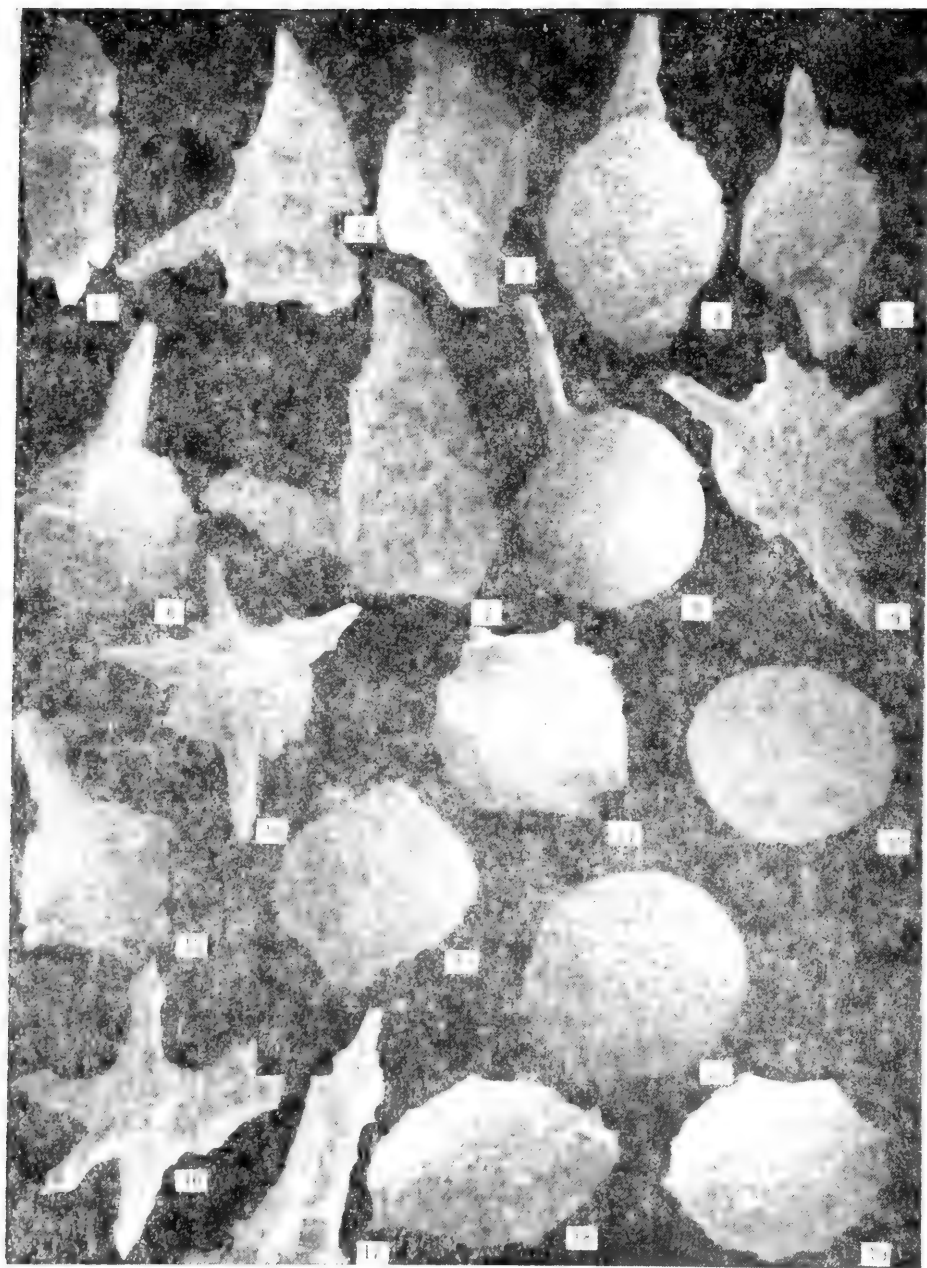
### Abstract

Taking the debris flows in Babuli Gully, Jinchuan County as an example, a brief account is made on how to draw comprehensive planning for debris flow control. The formation, activity and resulted damage of debris flows in this gully are pointing to the necessity, urgency, economic rationality and technical feasibility of debris flow control. Guided by the planning principle, design standard, main measures, and expected objectives, extensive investigations and calculations have been made. Consequently a scheme with technical feasibility, economic rationality, invest possibility and convenience for construction is proposed after detailed comparison of various possible schemes for controlling debris flows.



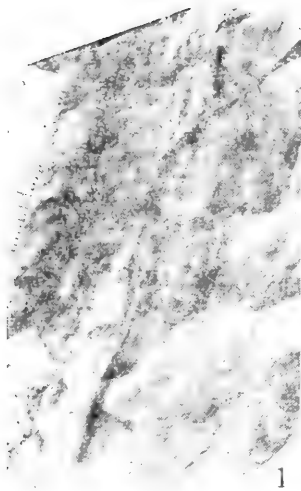
图版 1



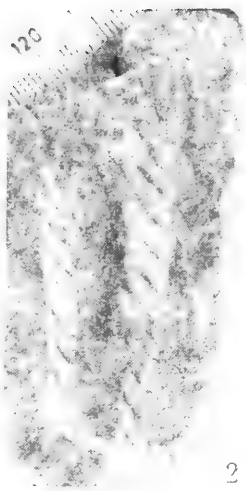




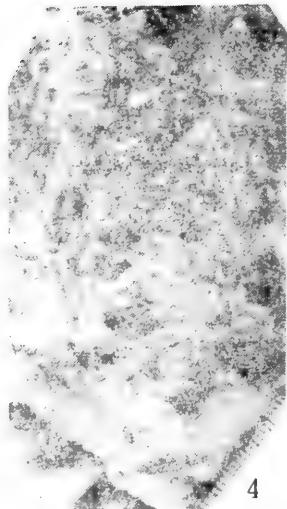
图版 4



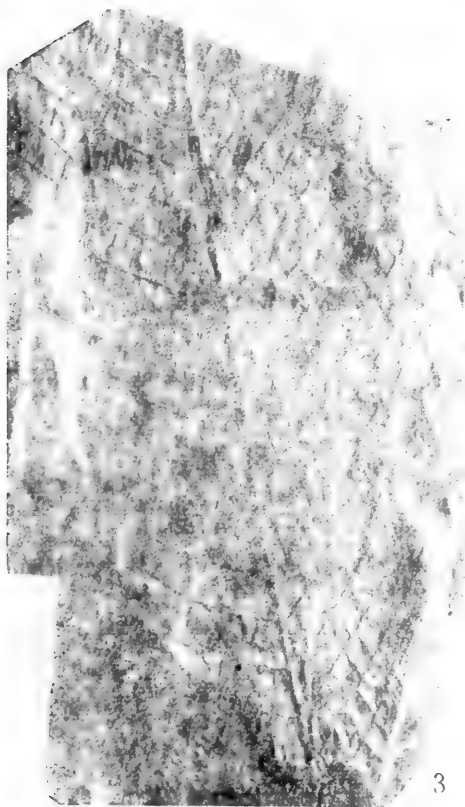
1



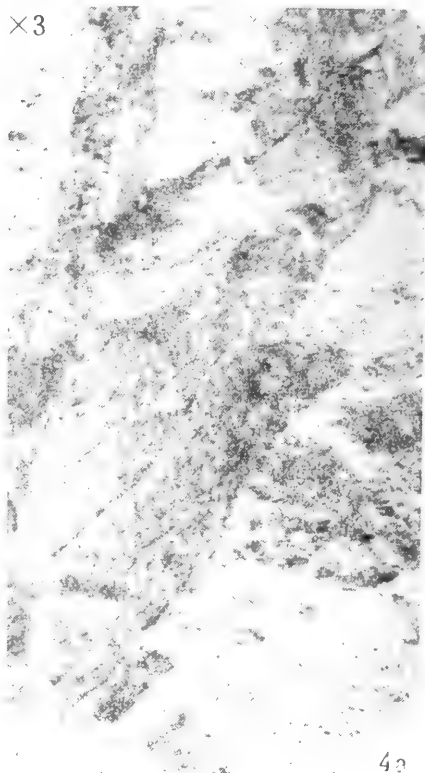
2



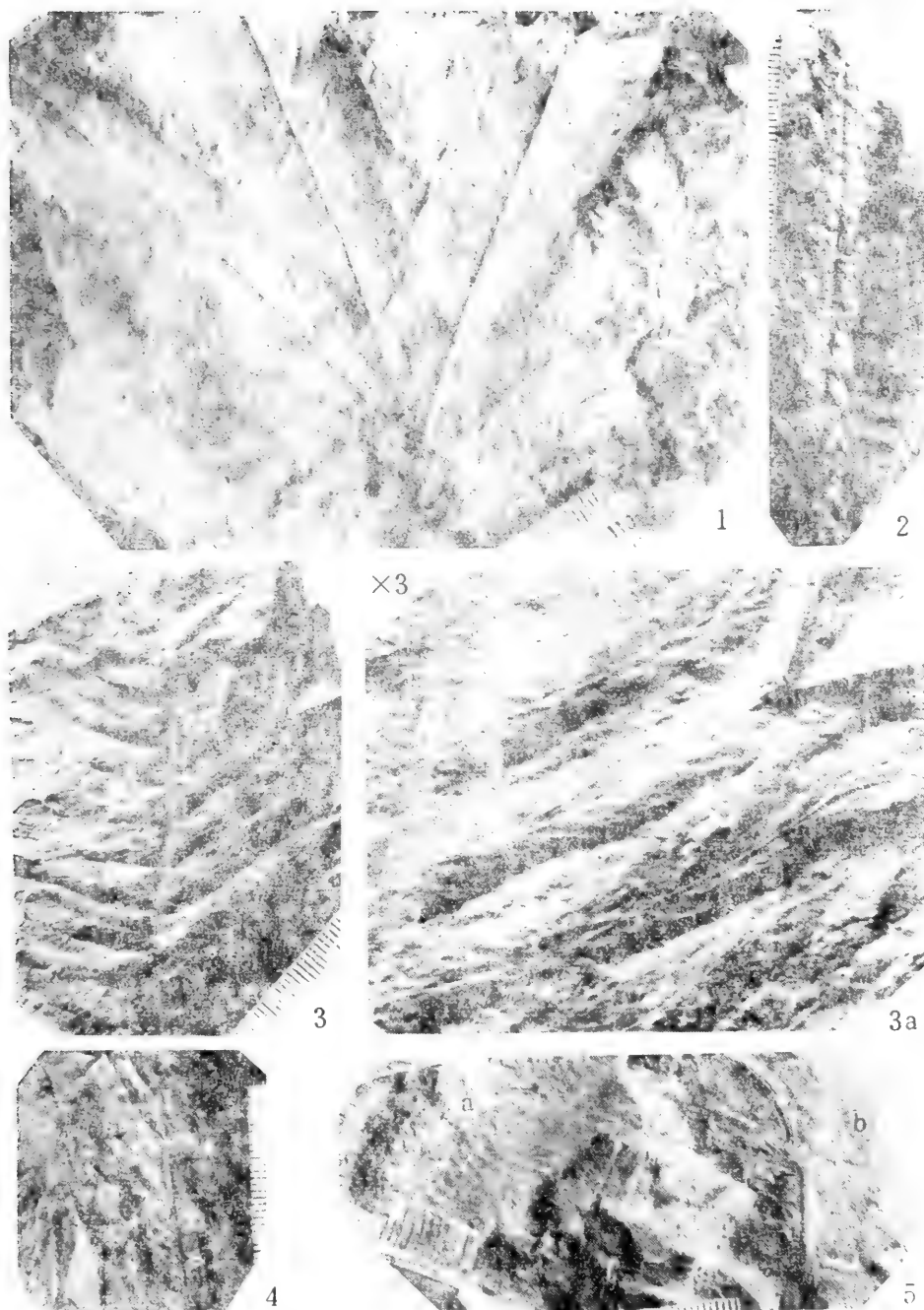
4



3



4a

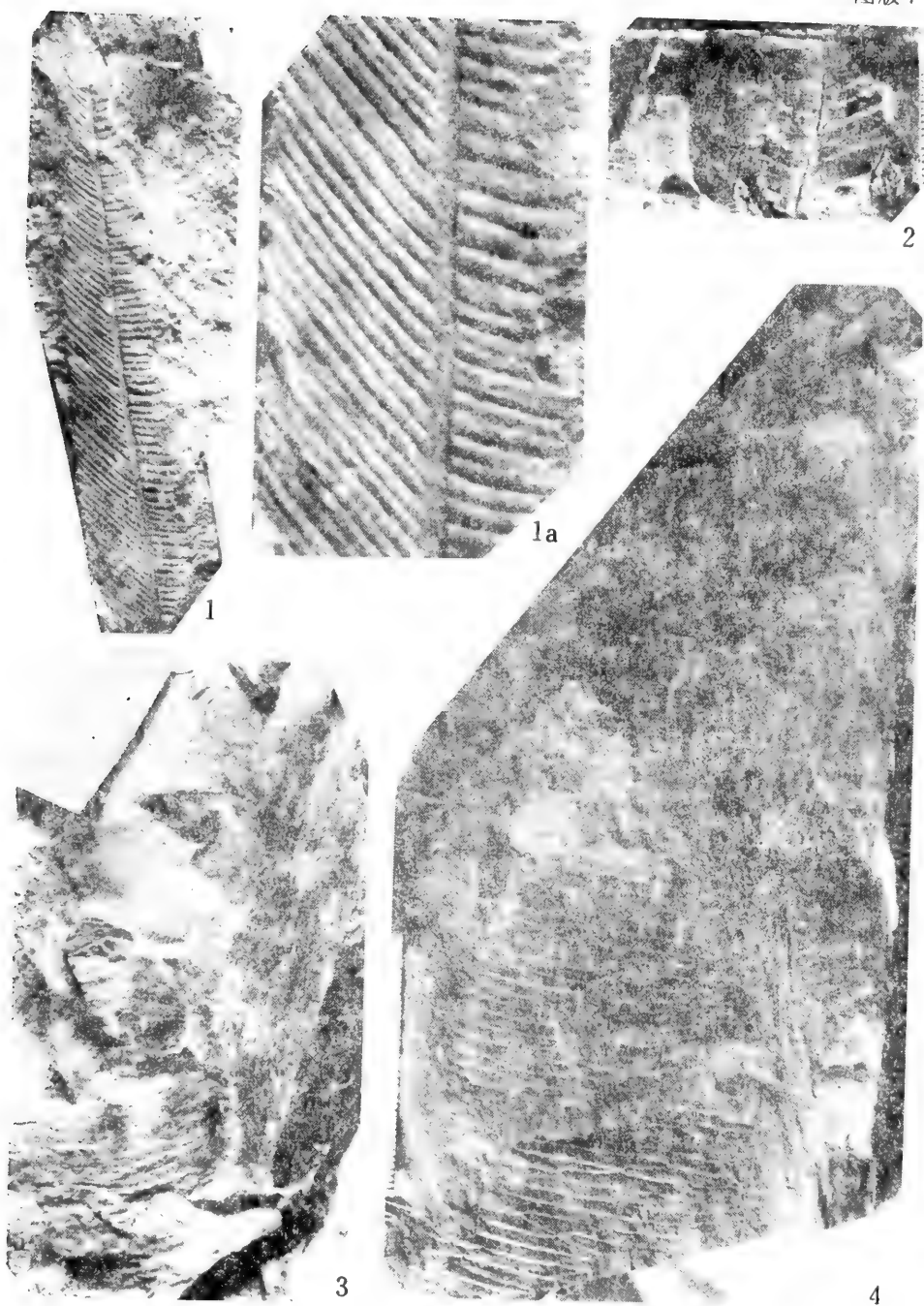


图版 6





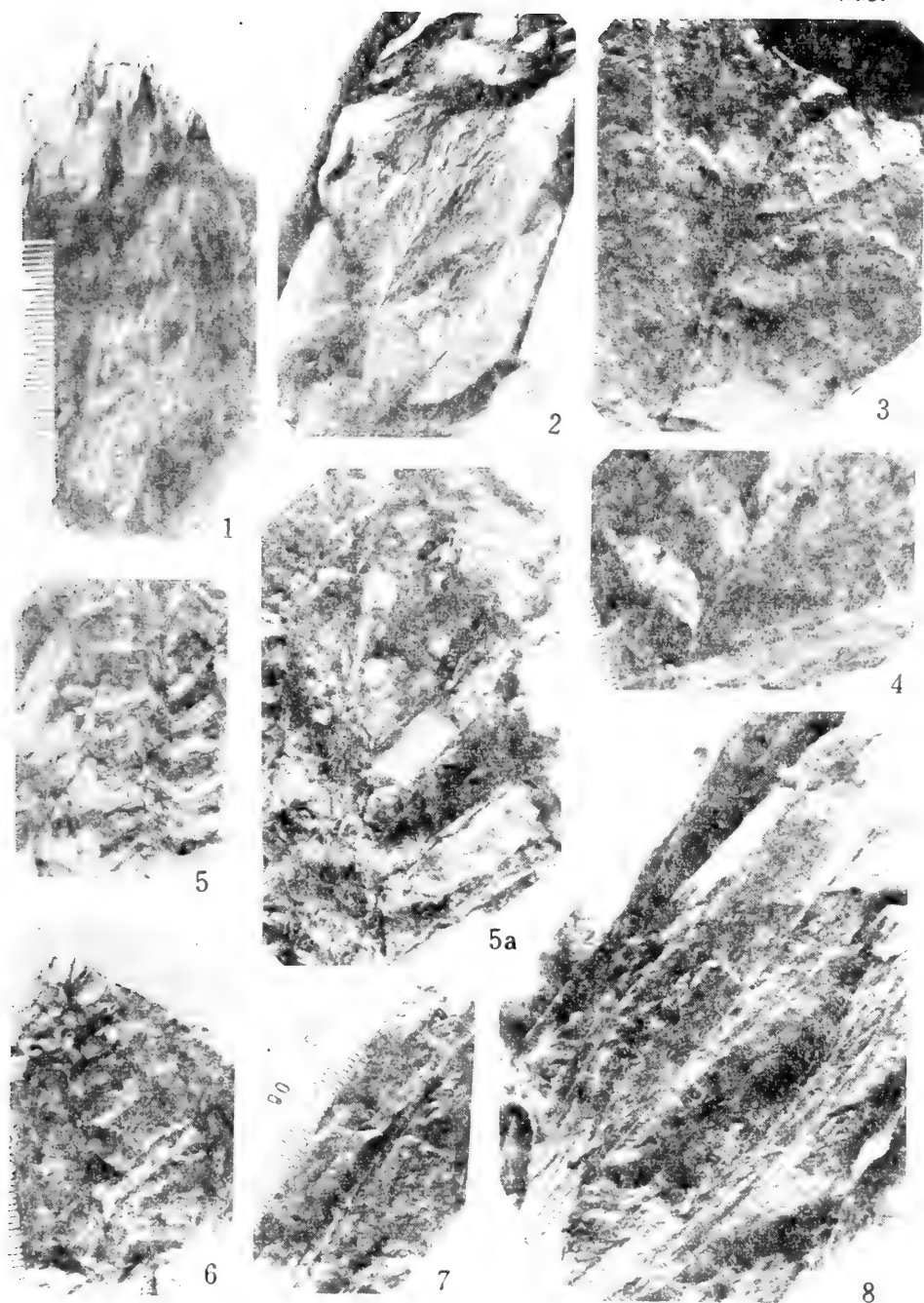
图版 7

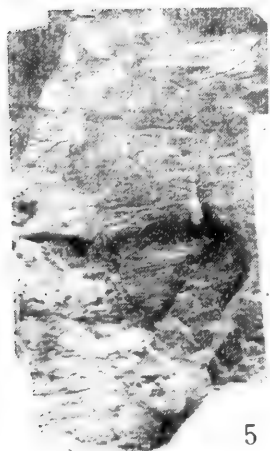
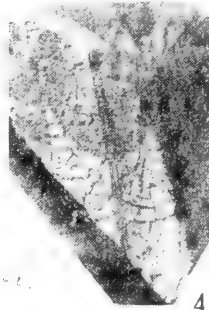
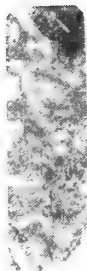
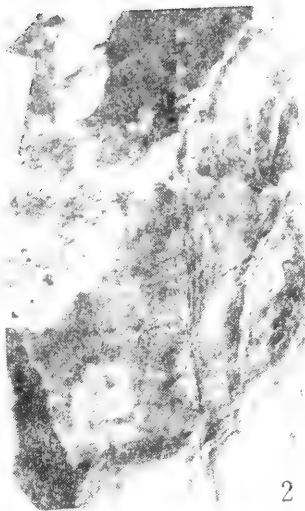
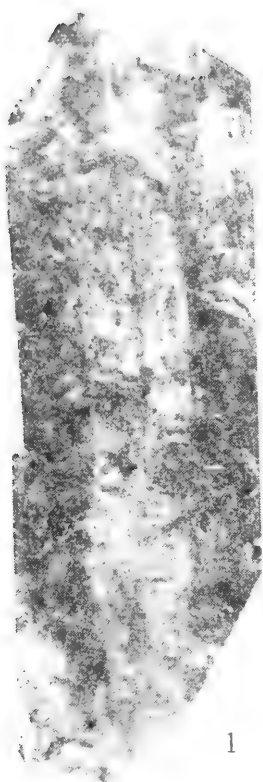


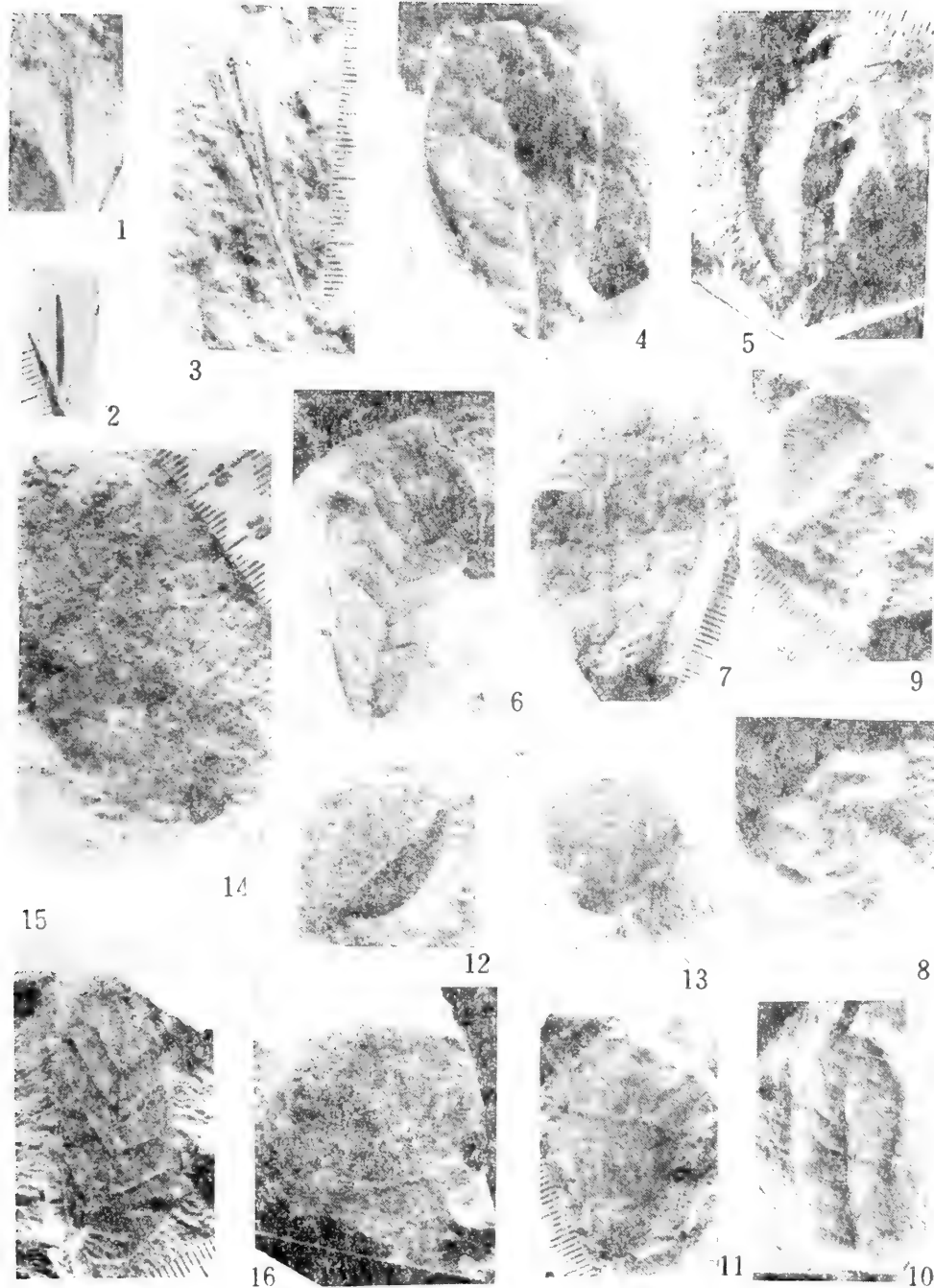
图版 8



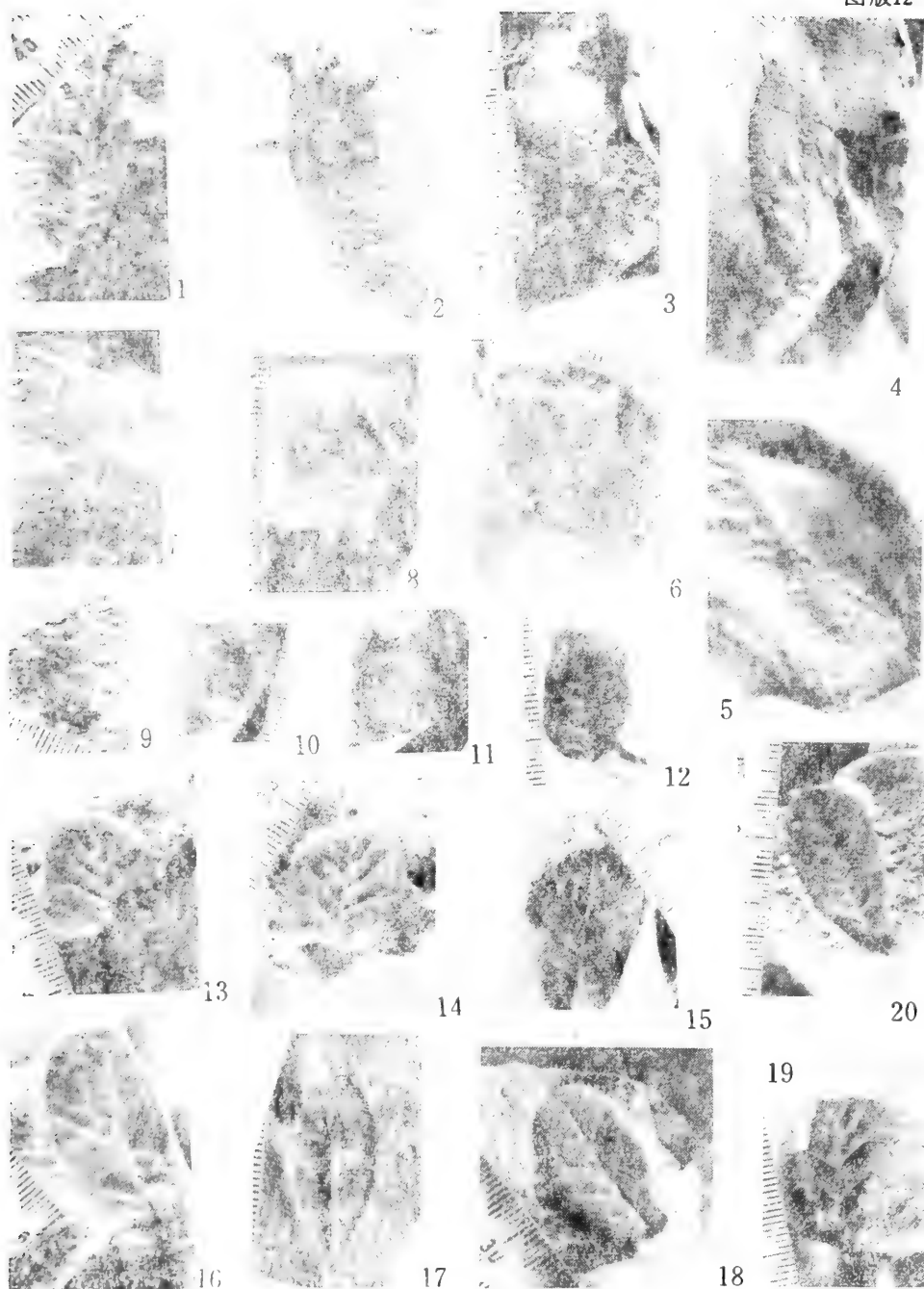




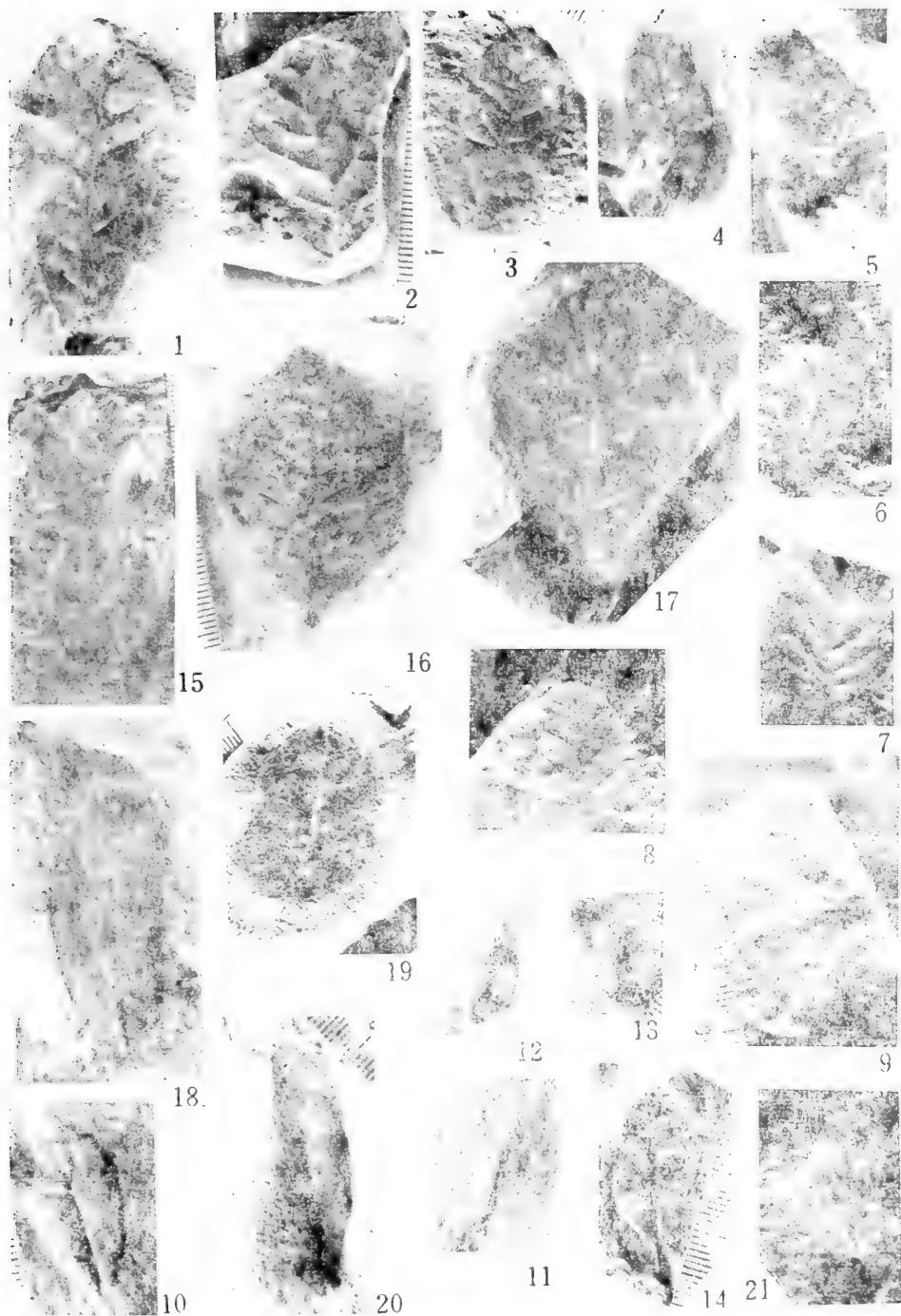




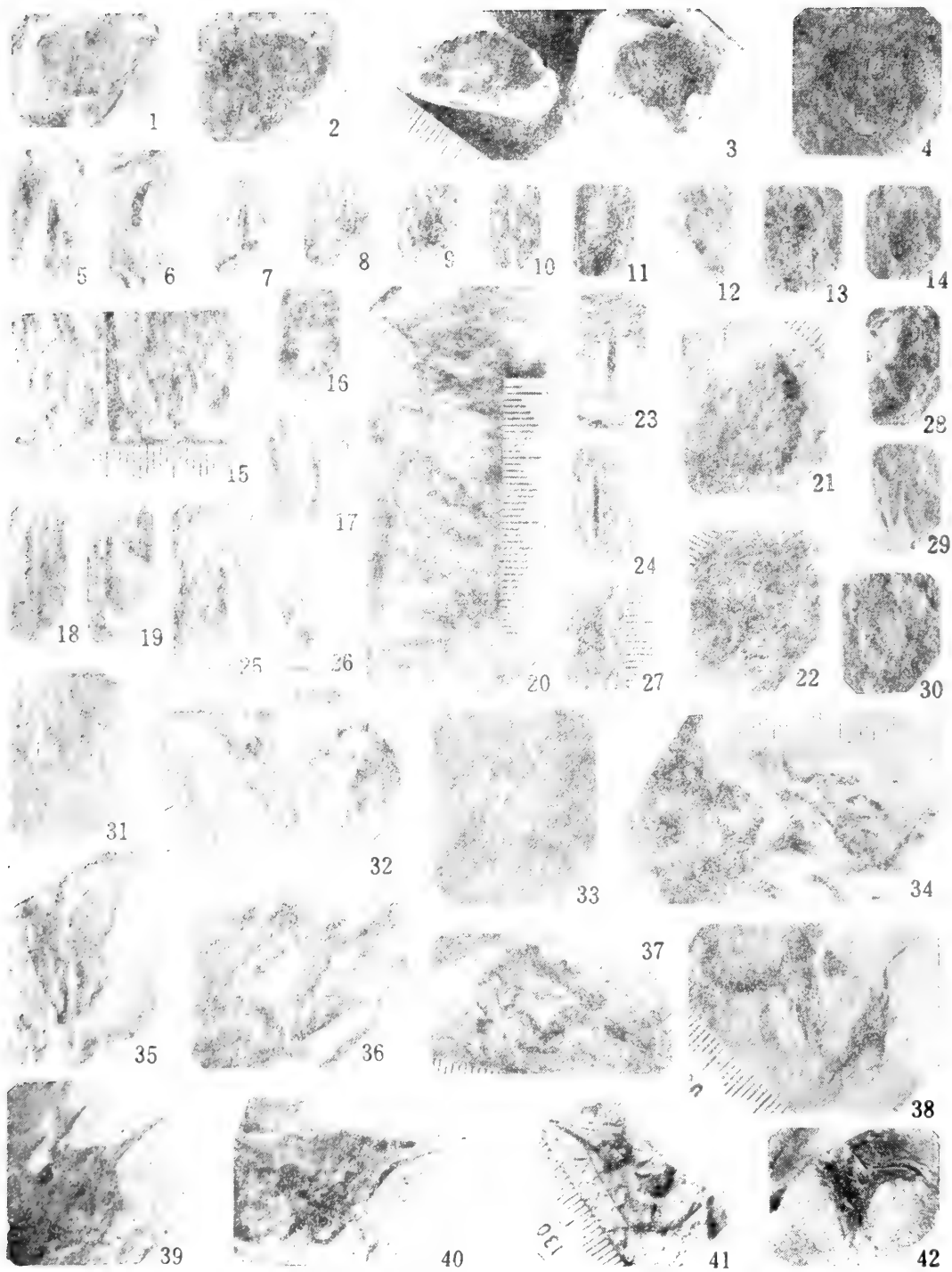
图版12



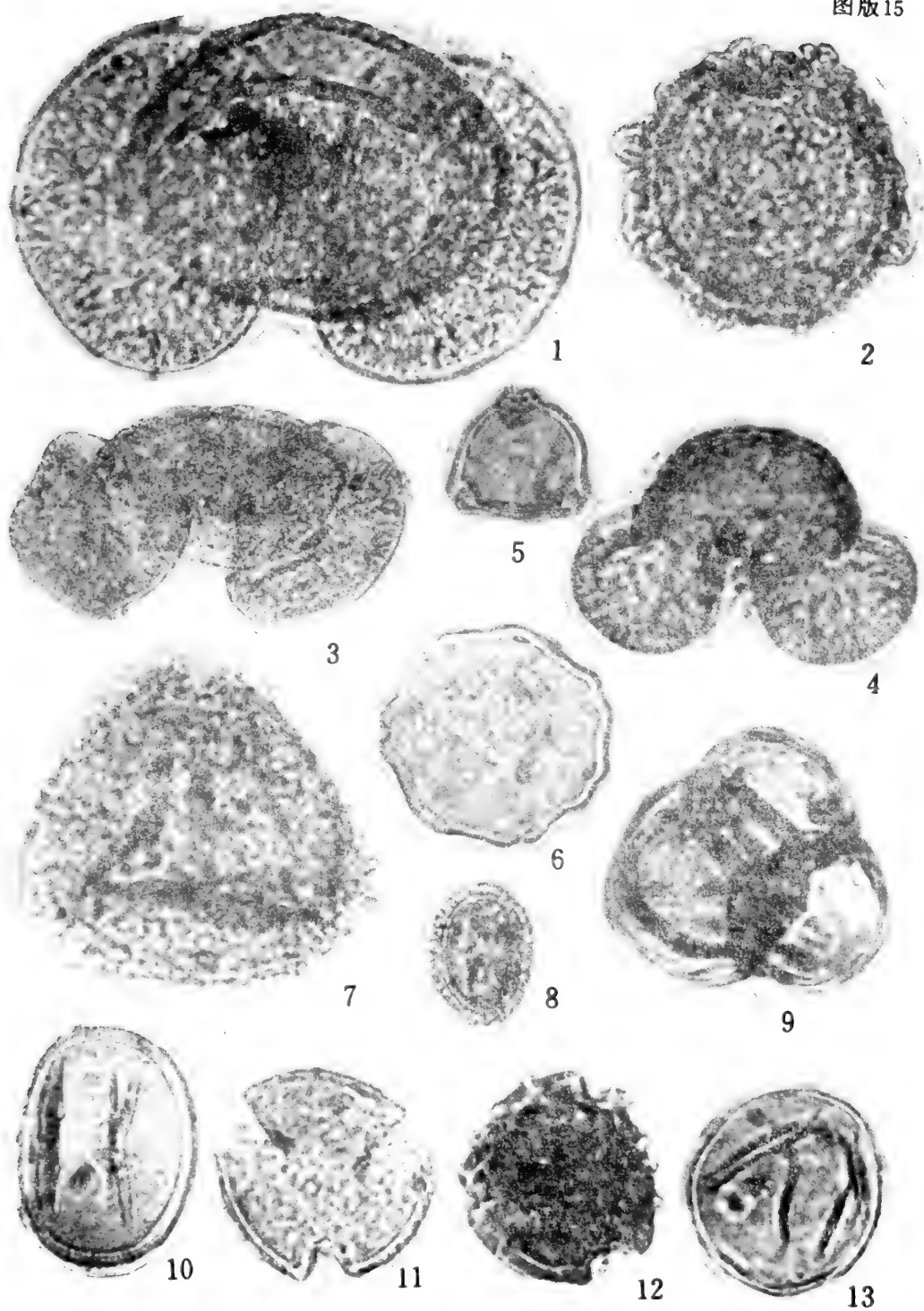
图版13

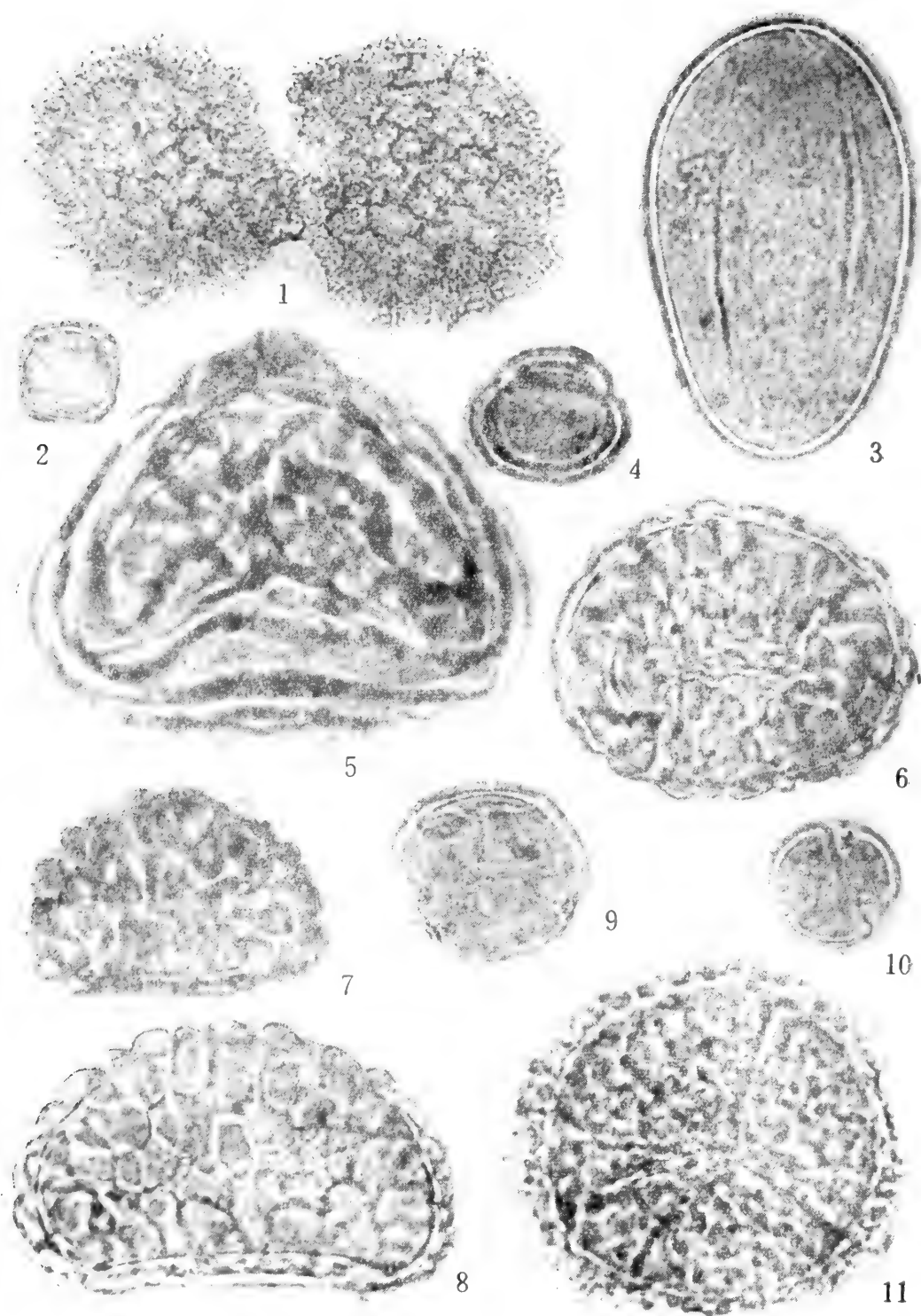


图版14

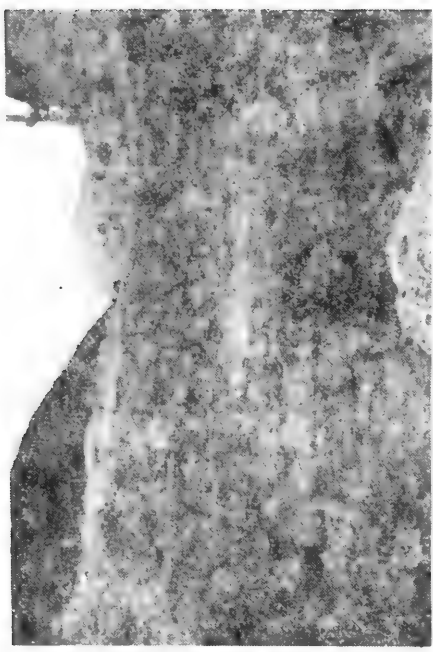




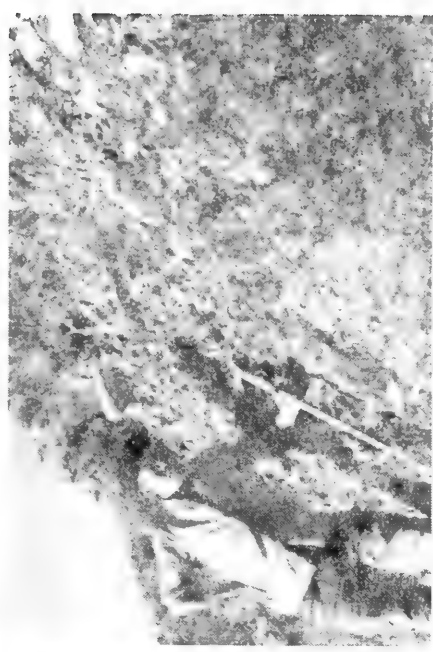




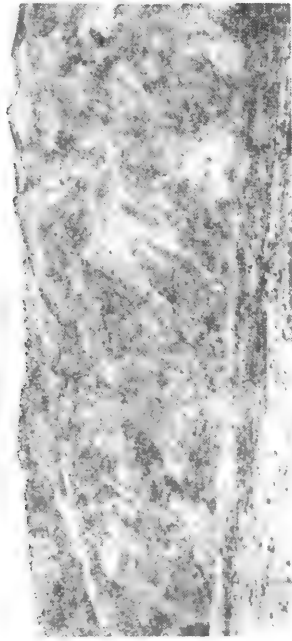




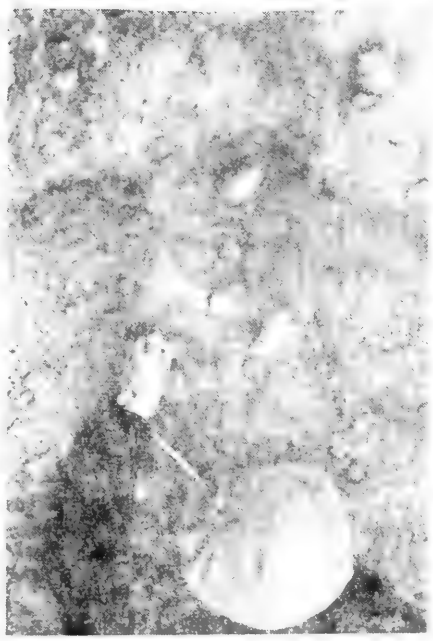
2 晚更新世道孚林业局后山地质剖面



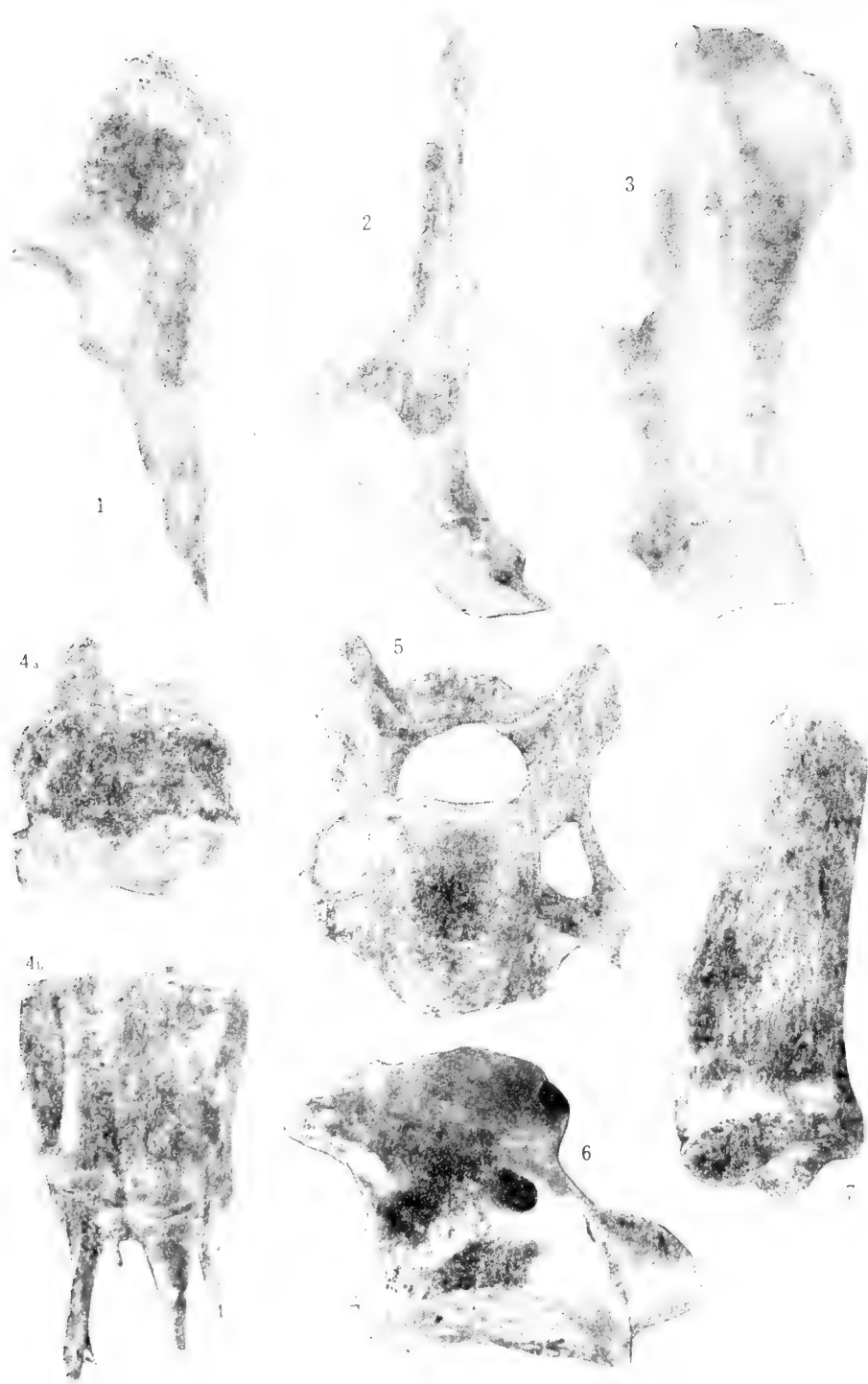
4 江布顶早, 中更新世地质剖面的上部砾石层。

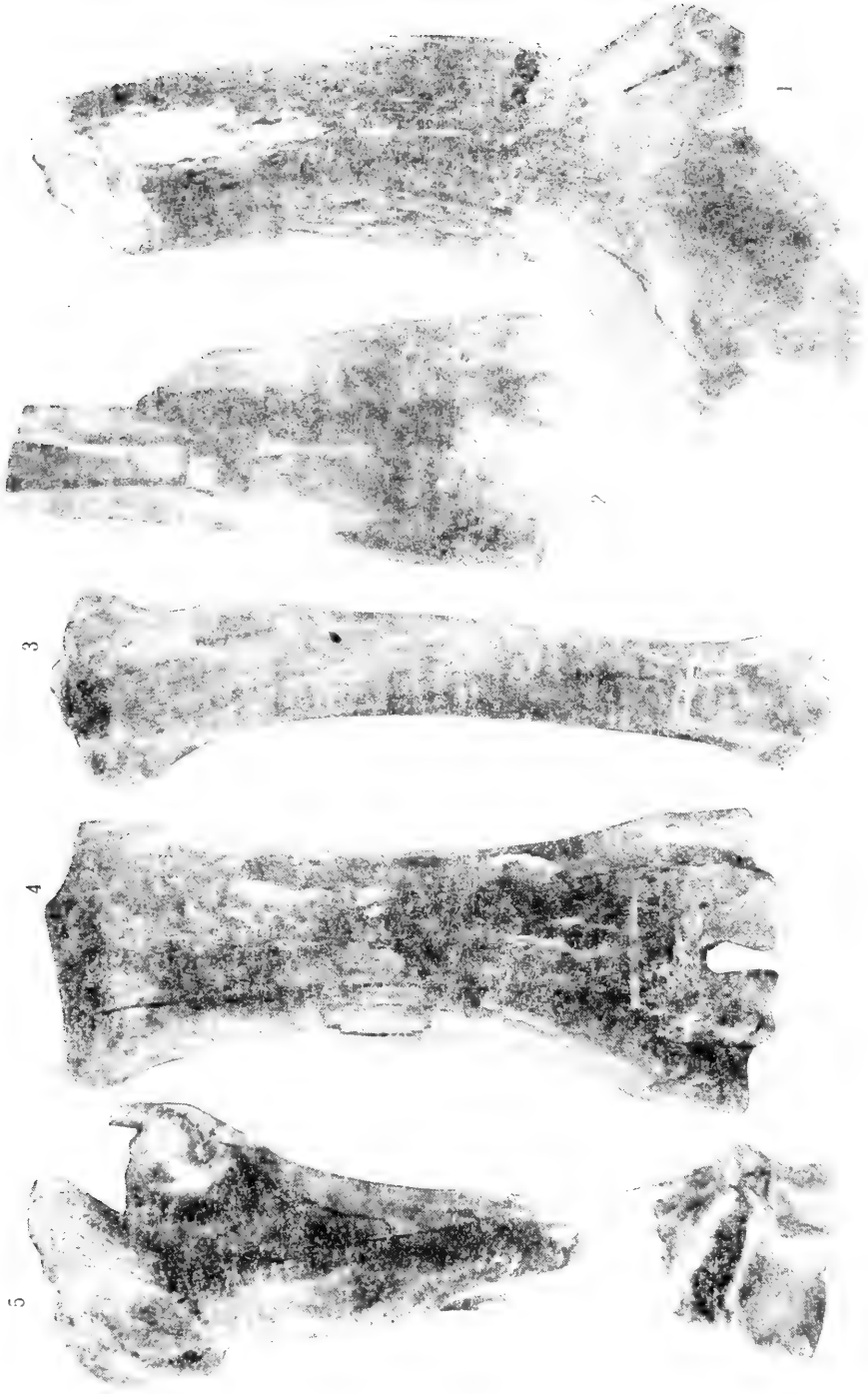


1 早第三纪格木寺晚始新统含古脊椎动物化石地质剖面



3 江布顶早, 中更新世含古脊椎动物化石地质剖面。



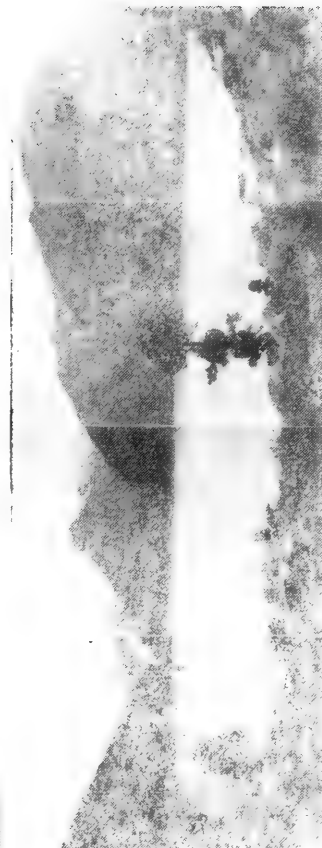




1 断陷湖 (泸沽湖)



2 断陷底集湖 (马湖)



3 冰湖湖  
(新路沟)

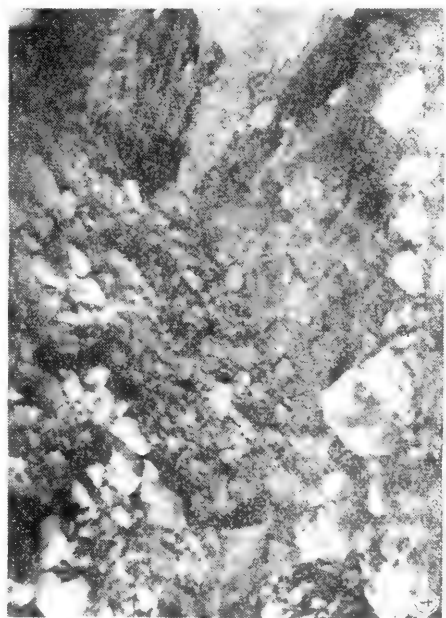
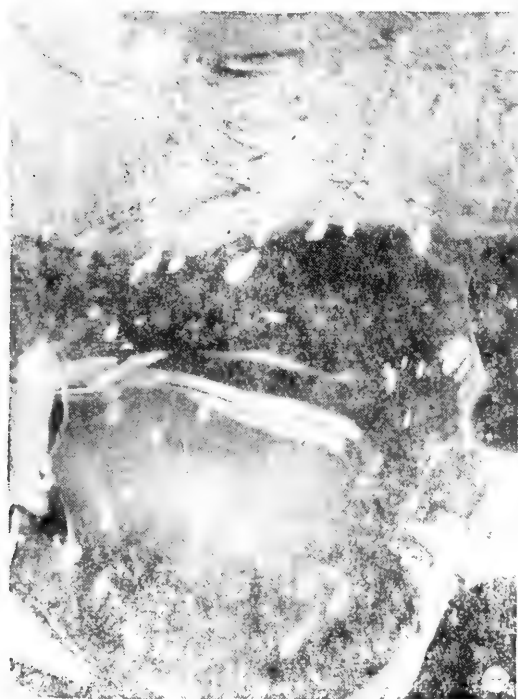
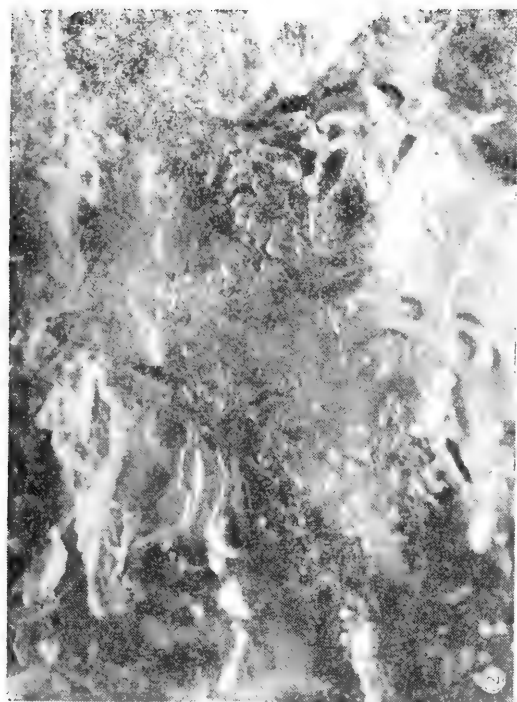


5 底集湖 (然乌湖)



4 古冰盖残留湖  
(北兴伊措)

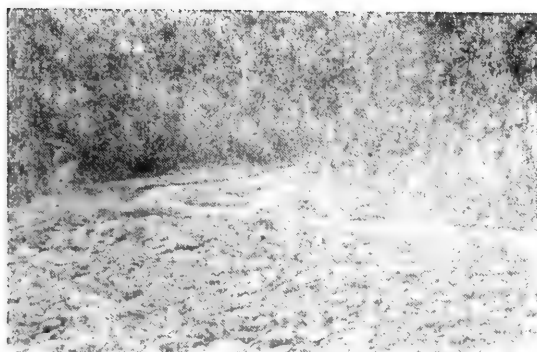
图版21



图版22



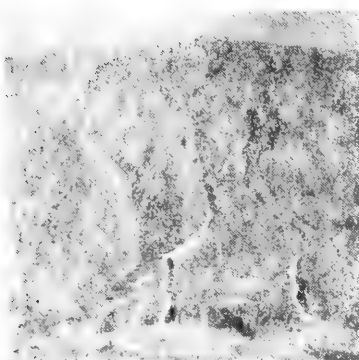
图版23



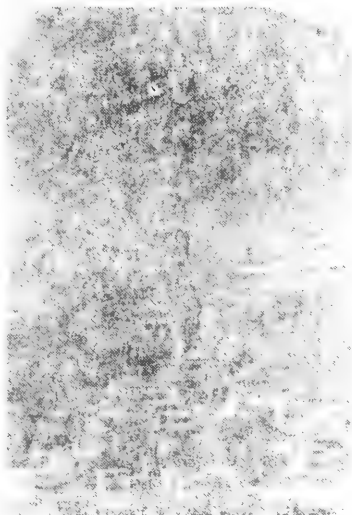
1 卧龙自然保护区鹦哥咀沟



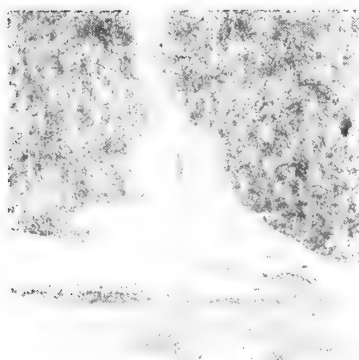
2 沿坡泥石流堵塞杂谷脑河遗迹



3 全川卡撒沟沟口段右岸的犁沟



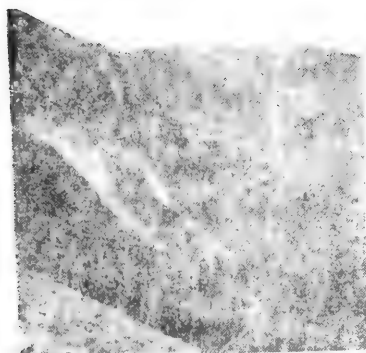
4 切沟式泥石流



5 冲沟及堆积扇



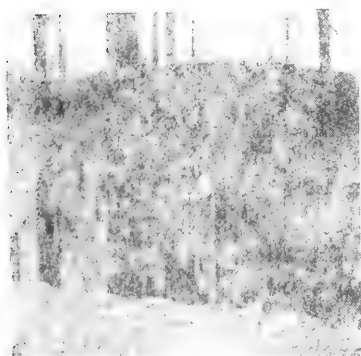
6 毁林开荒坡面强烈侵蚀



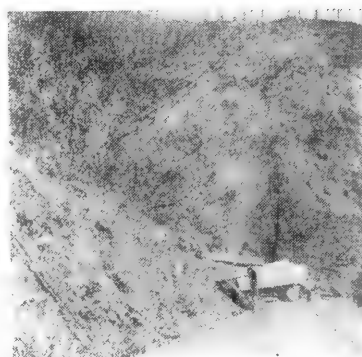
1 水渠渗漏形成冲沟



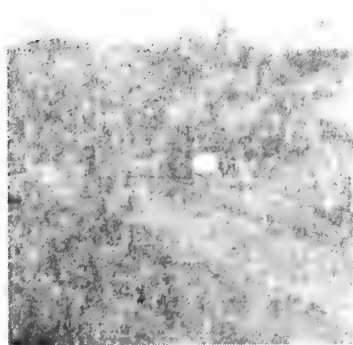
2 修筑公路毁坏山坡植被、破坏山体,为泥石流提供固体物质。



3 1982年云南某林区森林火灾毁灭大片林木



4 “林火”之后泥石流

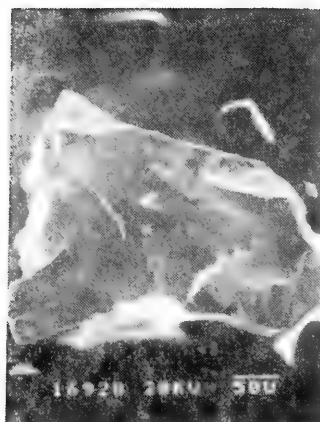


5 森林火灾不但毁林而产生次生灾害

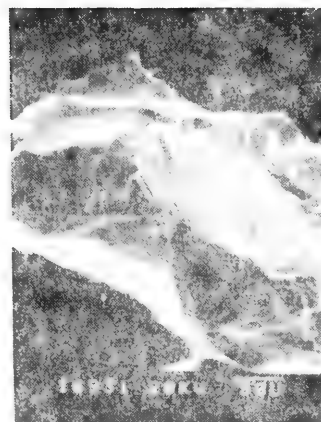


6 森林火灾引起的泥石流

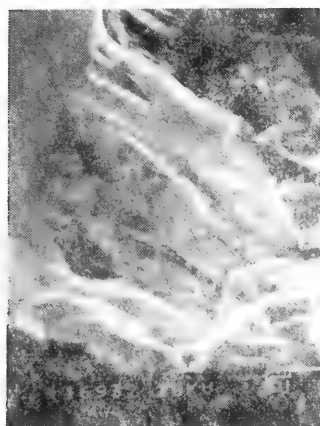




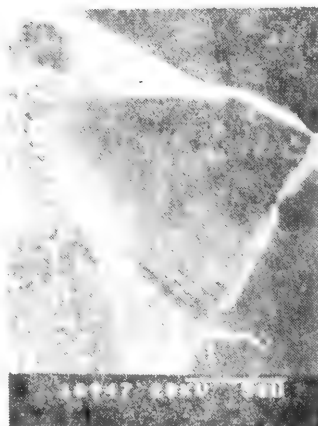
1 泥石流堆积物(放大144倍)



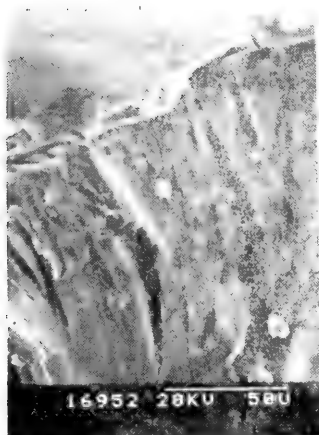
2 泥石流堆积物(放大165倍)



3 泥石流堆积物(放大600倍)



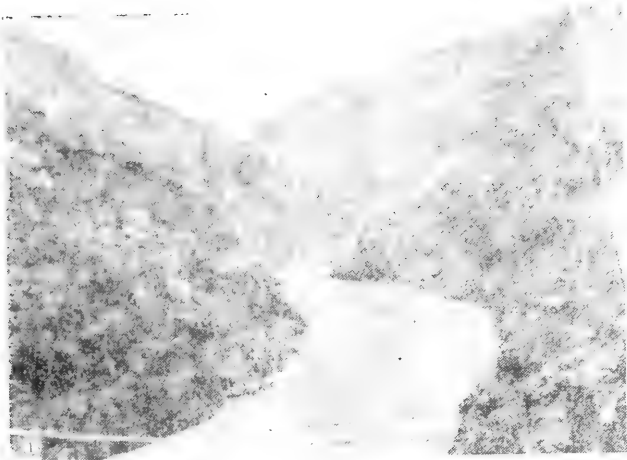
4 泥石流堆积物(放大330倍)



5 老泥石流堆积物(放大420倍)



6 泥石流堆积物(放大426倍)



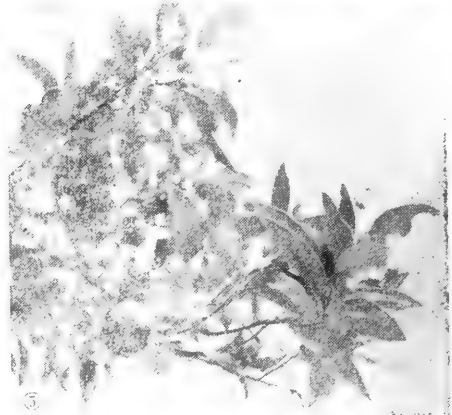
① 干旱河谷景观



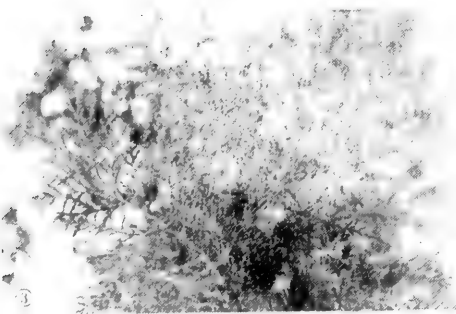
④ 石榴



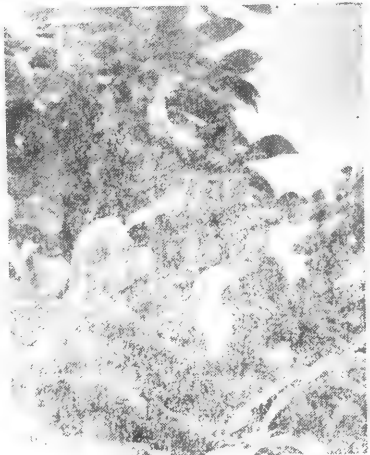
② 云南松



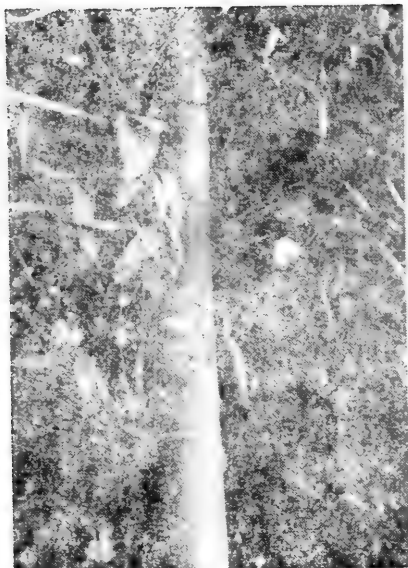
⑤ 柑桔



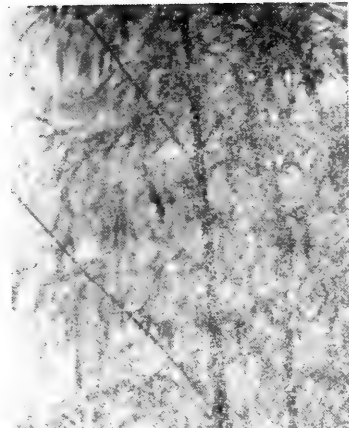
③ 侧柏



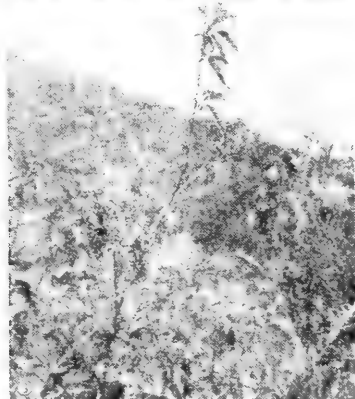
⑥ 胡桃



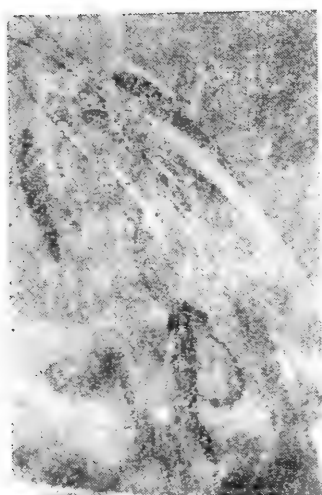
① 慈竹



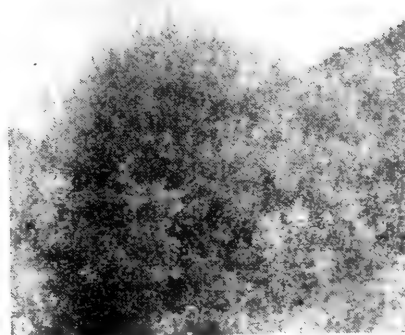
② 刚竹



③ 小叶黄荆



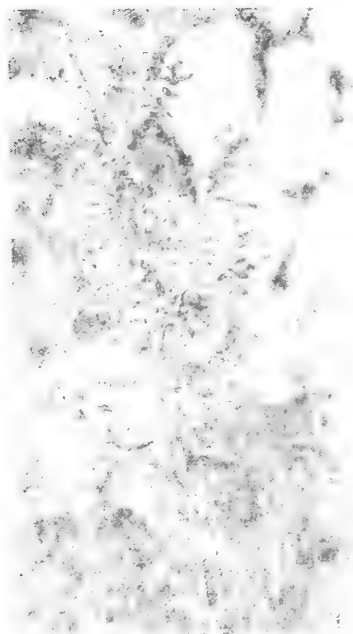
④ 尖叶木犀



⑤ 尖叶木犀



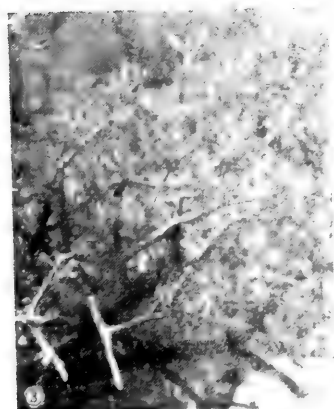
① 川滇薔薇



④ 白刺花



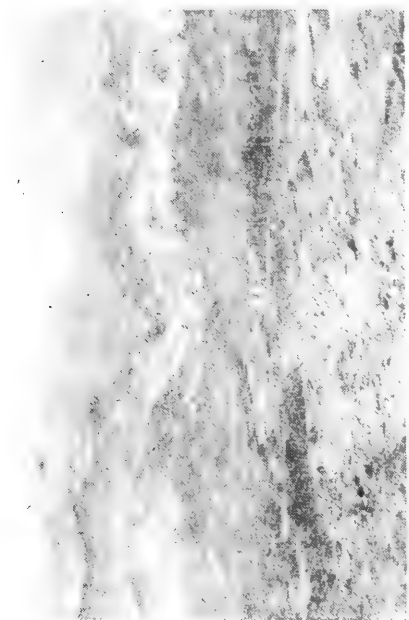
② 川滇鼠李



③ 華西小石積



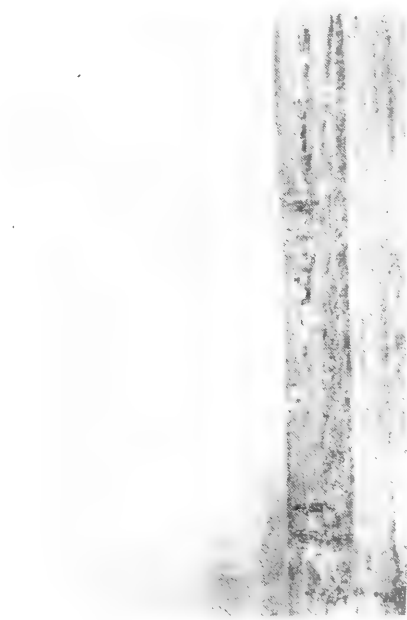
⑤ 西南仙人掌



1 洱海西部陆上洪积扇上的溪沟 (大理)



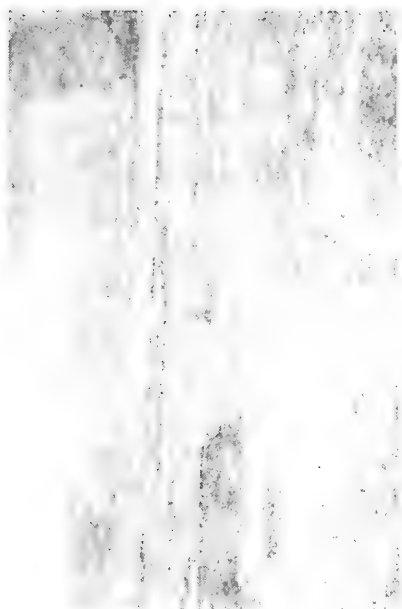
2 洱海西部苍山融雪溪流入湖内 (大理)



3 洱海北部湖湾景观



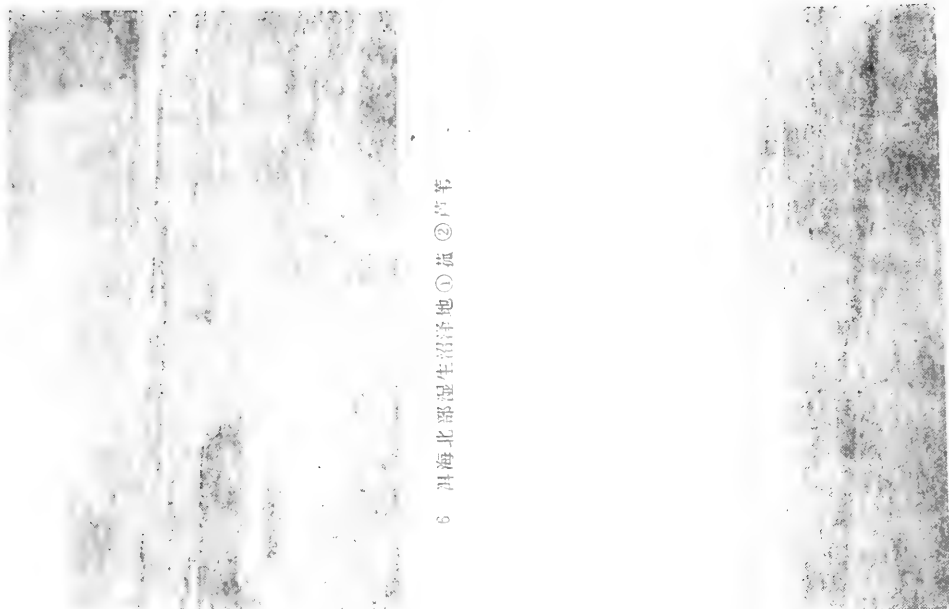
4 洱海密茂的水生植被



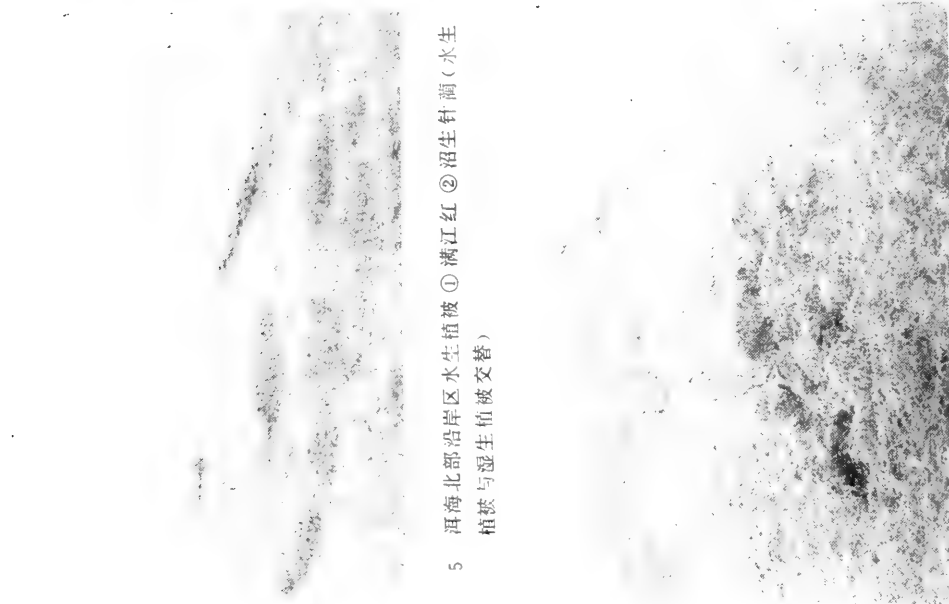
6 洱海北部湿生沼泽地 ① 菰 ② 芦葦



5 洱海北部沿岸区水生植被 ① 满江红 ② 沼生针蔺 (水生植被与湿生植被交替)



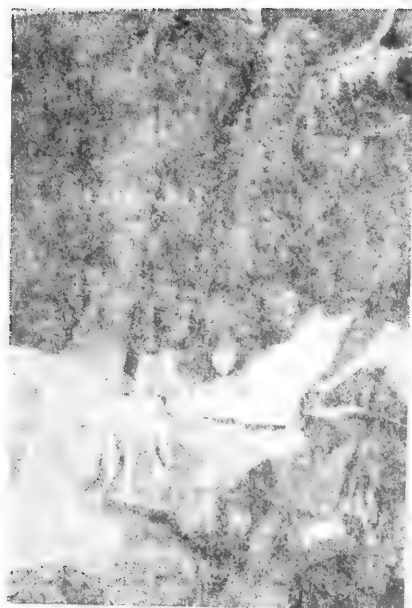
8 洱海北部沼泽地开始不围而垦状况



7 洱海北部沼泽地准备垦殖区 (湿生植被与陆生植被交替)



1 洱海捕捞的大青鱼(下)和大草鱼(上)



2 洱海生长的28市斤大草鱼



3 洱海生长的鲤鱼(上)和中国科学院武汉水生生物研究所引种的团头鲂(下)



4 洱海生长的鲫鱼

表 1 云 南 省 剑 川 县 秋 木

| 样 品 编 号              | NO.1          | NO.2          | NO.3          | NO.4          | NO.5          | NO.6          | NO.7       | NO.8              |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|-------------------|
| 样品深度 (m)             | 4.60          | 4.20          | 3.90          | 3.50          | 3.30          | 3.16          | 3.00       | 2.70              |
| 样 品 岩 性              | 杂色粘土层         | 含植物木<br>材粉砂层  | 含植物木<br>材粉砂层  | 浅紫红色<br>粉砂层   | 黄褐色<br>粉砂层    | 浅灰色<br>粉砂层    | 褐黄色<br>粉砂层 | 灰黑色含<br>炭质亚<br>粘土 |
| 孢 粉 总 数              | 449           | 643           | 965           | 395           | 555           | 526           | 46         | 404               |
| 松 属 <i>Pinus</i>     | 101<br>(22.5) | 324<br>(50.3) | 804<br>(83.3) | 8<br>(2.2)    | 268<br>(48.2) | 104<br>(19.8) | 6          | 29<br>(7.1)       |
| 云 杉 属 <i>Picea</i>   | 16<br>(3.6)   | 2             |               |               |               |               | 1          |                   |
| 冷 杉 属 <i>Abies</i>   | 72<br>(16)    | 17<br>(2.6)   | 57<br>(5.9)   | 249<br>(63)   |               | 15<br>(2.8)   |            | 34<br>(8.4)       |
| 铁 杉 属 <i>Tsuga</i>   | 10<br>(2.2)   | 3             | 13<br>(1.4)   | 4<br>(1)      | 4<br>(0.7)    | 1             |            | 2<br>(0.5)        |
| 落叶松属 <i>Larix</i>    |               |               |               |               |               |               |            |                   |
| 针叶植物花粉总数及百分比         | 199<br>(44.3) | 346<br>(53.8) | 874<br>(90.5) | 261<br>(66)   | 272<br>(49)   | 120<br>(22.8) | 6          | 65<br>(16.1)      |
| 桦 属 <i>Betula</i>    | 51<br>(11.4)  | 11<br>(1.7)   |               | 2<br>(0.5)    | 3<br>(0.5)    | 15<br>(2.8)   | 1          | 21<br>(5.2)       |
| 榛 属 <i>Corylus</i>   |               |               |               |               | 4<br>(0.7)    |               | 1          |                   |
| 赤 杨 属 <i>Alnus</i>   |               | 9<br>(1.3)    | 3<br>(0.3)    | 3<br>(0.5)    | 2<br>(0.3)    | 4<br>(0.7)    |            | 1                 |
| 鹅耳枥属 <i>Carpinus</i> |               |               |               |               |               |               |            | 1                 |
| 栗 属 <i>Castanea</i>  |               |               | 1<br>(0.1)    |               |               |               |            |                   |
| 栎 属 <i>Quercus</i>   | 46<br>(10.3)  | 38<br>(5.9)   | 5<br>(0.5)    | 5<br>(1.2)    | 78<br>(14.1)  | 21<br>(3.9)   | 5          | 22<br>(5.4)       |
| 榆 属 <i>Umlus</i>     | 3             |               |               |               |               | 1             |            |                   |
| 胡 桃 属 <i>Juglans</i> |               |               | 1             |               | 7<br>(1.3)    |               |            | 2<br>(0.5)        |
| 槭 属 <i>Acer</i>      |               |               |               |               |               |               |            | 1                 |
| 乔木植物花粉总数及百分比         | 299<br>(66.6) | 404<br>(62.8) | 884<br>(91.6) | 271<br>(68.6) | 366<br>(66)   | 161<br>(30.6) | 14         | 113<br>(28)       |
| 柳 属 <i>Salix</i>     |               |               |               |               |               |               |            |                   |



山区全新世孢粉统计表

| NO.9          | NO.10      | NO.11      | NO.12   | NO.13 | NO.14   | NO.15      | NO.16   | NO.17    | NO.18        | NO.19 |
|---------------|------------|------------|---------|-------|---------|------------|---------|----------|--------------|-------|
| 2.40          | 2.26       | 2.14       | 2.06    | 2.00  | 1.86    | 1.40       | 0.90    | 0.60     | 0.30         | 0.10  |
| 浅灰、褐黄色粉砂层     | 棕色粉砂层(含粗砂) | 灰白及褐色斑点粉砂层 | 浅紫红色粉砂层 | 褐色粉砂层 | 浅灰黄色粉砂层 | 灰白、浅褐黄色粘土层 | 褐色含铁质粗砂 | 灰色含砾石粗砂层 | 褐黄色细砂层       | 耕植土   |
| 410           |            | 14         | 33      |       | 67      | 17         |         |          | 187          | 33    |
| 85<br>(20.7)  |            | 2          | 8       |       | 4       | 7          |         |          | 74<br>(40)   | 19    |
| 2             |            | 1          |         |       |         |            |         |          | 1            |       |
| 55<br>(13.4)  |            |            |         |       |         |            |         |          |              | 2     |
| 13<br>(3.1)   |            |            | 1       |       |         |            |         |          | 1            |       |
|               |            |            |         |       |         |            |         |          |              | 2     |
| 155<br>(37.8) |            | 3          | 9       |       | 4       | 7          |         |          | 76<br>(40.6) | 22    |
| 15<br>(3.6)   |            |            |         |       |         |            |         |          | 8<br>(4.3)   |       |
| 10<br>(2.4)   |            |            |         |       |         |            |         |          | 6<br>(3.2)   |       |
| 5<br>(1.2)    |            |            |         |       |         | 1          |         |          | 40<br>(21.3) | 1     |
| 2<br>(0.5)    |            |            |         |       |         |            |         |          |              | 1     |
|               |            |            |         |       |         |            |         |          | 1            |       |
| 28<br>(6.8)   |            | 1          |         |       | 56      | 5          |         |          | 26<br>(13.9) | 2     |
|               |            |            |         |       |         |            |         |          |              |       |
| 1             |            |            | 1       |       |         |            |         |          | 2            |       |
|               |            |            |         |       |         |            |         |          |              |       |
| 216<br>(52.6) |            | 4          | 10      |       | 60      | 13         |         |          | 159<br>(85)  | 26    |
| 3             |            |            | 5       |       |         |            |         |          |              |       |

| 样 品 编 号                    | NO.1        | NO.2                 | NO.3                 | NO.4          | NO.5         | NO.6         | NO.7         | NO.8                 |
|----------------------------|-------------|----------------------|----------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 样品深度 (m)                   | 4.60        | 4.20                 | 3.90                 | 3.50          | 3.30         | 3.16         | 3.00         | 2.70                 |
| 样 品 岩 性                    | 杂 色<br>粘土层  | 含植物木<br>材 粉 砂<br>土 层 | 含植物木<br>材 粉 砂<br>土 层 | 浅紫红色<br>粉 砂 层 | 黄褐色<br>粉 砂 层 | 浅灰色<br>粉 砂 层 | 褐黄色<br>粉 砂 层 | 灰黑色含<br>炭 质 亚<br>粘 土 |
| 杜 鹃 属 <i>Rhododendron</i>  | 4           | 6<br>(0.9)           | 5<br>(0.5)           | 2<br>(0.5)    | 7<br>(1.3)   | 3<br>(0.5)   | 3            | 5<br>(1.2)           |
| 忍 冬 属 <i>Lonicera</i>      | 1           |                      | 1                    |               |              |              |              | 2<br>(0.5)           |
| 冬 青 属 <i>Ilex</i>          |             | 5<br>(0.7)           |                      | 1             | 6<br>(1.1)   |              | 1            | 3<br>(0.7)           |
| 木 犀 科 <i>Oleaceae</i>      | 1           |                      |                      |               | 1            |              |              | 1                    |
| 胡颓子科 <i>Elaeagnaceae</i>   |             | 1                    |                      |               |              |              |              |                      |
| 薔 薇 科 <i>Rosaceae</i>      |             |                      | 1                    |               |              | 1            |              |                      |
| 马鞭草科 <i>Verbenaceae</i>    | 1           | 10<br>(1.6)          | 3<br>(0.3)           |               |              | 9<br>(1.7)   |              |                      |
| 茄 科 <i>Solanaceae</i>      |             |                      |                      |               |              |              |              |                      |
| 莎 草 科 <i>Cyperaceae</i>    |             |                      |                      |               |              |              |              |                      |
| 蒿 属 <i>Artemisia</i>       | 8<br>(1.8)  | 20<br>(3.1)          |                      | 1             | 11<br>(2)    | 9<br>(1.7)   | 5            | 7<br>(1.7)           |
| 菊 科 <i>Compositae</i>      |             | 2<br>(0.3)           |                      | 3<br>(0.5)    | 2<br>(0.3)   | 12<br>(2.2)  | 1            | 4<br>(1)             |
| 锦 葵 科 <i>Malvaceae</i>     |             |                      |                      |               |              | 1            |              |                      |
| 藜 科 <i>Chenopodiaceae</i>  | 5<br>(1.1)  |                      |                      |               |              |              |              | 1                    |
| 百 合 科 <i>Liliaceae</i>     |             |                      | 2<br>(0.2)           |               |              |              |              |                      |
| 蓼 科 <i>Polygonaceae</i>    | 6<br>(1.3)  | 10<br>(1.6)          | 2<br>(0.2)           | 1             |              | 4<br>(0.7)   | 7            | 9<br>(2.2)           |
| 老 鹳 草 <i>Geranium</i>      |             |                      |                      |               |              |              |              | 1                    |
| 禾 本 科 <i>Gramineae</i>     | 10<br>(2.2) | 2<br>(0.3)           | 1                    |               | 13<br>(2.3)  | 5<br>(0.9)   | 1            |                      |
| 石竹科 <i>Caryophyllaceae</i> | 1           |                      |                      |               |              |              |              |                      |

续表 1

| NO.9      | NO.10      | NO.11      | NO.12   | NO.13 | NO.14   | NO.15         | NO.16   | NO.17    | NO.18       | NO.19 |
|-----------|------------|------------|---------|-------|---------|---------------|---------|----------|-------------|-------|
| 2.40      | 2.26       | 2.14       | 2.06    | 2.00  | 1.86    | 1.40          | 0.90    | 0.60     | 0.30        | 0.10  |
| 浅灰、褐黄色粉砂层 | 棕色粉砂层(含粗砂) | 灰白及褐色斑点粉砂层 | 浅紫红色粉砂层 | 褐色粉砂层 | 浅灰黄色粉砂层 | 灰白、浅褐色、浅黄色粘土层 | 褐色含铁质粗砂 | 灰色含砾石粗砂层 | 褐黄色细砂层      | 耕植土   |
| 29<br>(7) |            | 1          | 4       |       |         | 1             |         |          |             | 1     |
| 2         |            |            |         |       |         |               |         |          |             |       |
|           |            |            |         |       |         |               |         |          |             | 1     |
|           |            |            |         |       |         |               |         |          |             |       |
|           |            |            |         |       |         |               |         |          |             |       |
| 3         |            |            |         |       |         |               |         |          |             |       |
|           |            |            |         |       |         |               |         |          |             |       |
|           |            |            |         |       |         |               |         |          | 1           |       |
|           |            | 2          | 1       |       |         |               |         |          | 2           |       |
| 2         |            | 1          | 3       |       |         | 1             |         |          | 11<br>(5.8) |       |
| 1         |            |            |         |       |         |               |         |          |             |       |
|           |            |            |         |       |         |               |         |          |             |       |
|           |            |            |         |       |         |               |         |          | 1           |       |
|           |            |            |         |       |         |               |         |          |             |       |
| 3         |            |            |         |       |         |               |         |          |             |       |
| 1         |            |            |         |       |         |               |         |          |             |       |
| 1         |            | 4          | 2       |       |         | 2             |         |          | 6<br>(3.2)  | 1     |
|           |            |            |         |       |         |               |         |          |             |       |

| 样 品 编 号                       | NO.1        | NO.2                 | NO.3                 | NO.4          | NO.5          | NO.6          | NO.7         | NO.8                 |
|-------------------------------|-------------|----------------------|----------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|----------------------|
| 样品深度 (m)                      | 4.60        | 4.20                 | 3.90                 | 3.50          | 3.30          | 3.16          | 3.00         | 2.70                 |
| 样 品 岩 性                       | 杂 色<br>粘土层  | 含植物木<br>材 粉 砂<br>土 层 | 含植物木<br>材 粉 砂<br>土 层 | 浅紫红色<br>粉 砂 层 | 黄褐色<br>粉 砂 层  | 浅灰色<br>粉 砂 层  | 褐黄色<br>粉 砂 层 | 灰黑色含<br>炭 质 亚<br>粘 土 |
| 豆 科 Leguminosae               |             |                      |                      | 1             |               | 3             |              |                      |
| 伞 形 科 Umbelliferae            | 1           |                      |                      |               | 2<br>(0.3)    |               |              |                      |
| 毛 茛 科 Ranunculaceae           |             |                      |                      |               | 3<br>(0.5)    |               |              |                      |
| 灌木及草本植物花粉总数及<br>百分比           | 38<br>(8.5) | 56<br>(8.7)          | 15<br>(1.5)          | 9<br>(2.3)    | 45<br>(8)     | 47<br>(8.9)   | 18           | 33<br>(8.2)          |
| 凤尾蕨属 <i>Pteris</i>            |             |                      | 3<br>(0.3)           |               |               |               |              | 3<br>(0.7)           |
| 中国蕨属 <i>Sinopteris</i>        |             |                      | 4<br>(0.4)           |               |               |               |              |                      |
| 紫 萁 属 <i>Osmunda</i>          |             |                      |                      |               | 2<br>(0.3)    |               |              | 14<br>(3.5)          |
| 瓶儿小草属<br><i>Ophioglossum</i>  |             |                      |                      |               |               |               |              | 2<br>(0.5)           |
| 膜 蕨 属<br><i>Hymenophyllum</i> | 2           | 23<br>(3.5)          | 2<br>(0.2)           | 12<br>(3)     | 30<br>(5.4)   | 153<br>(29.1) |              | 33<br>(8.2)          |
| 凤丫蕨属 <i>Coniogra</i>          |             |                      |                      |               |               |               |              | 1                    |
| 海金砂科 <i>Lygodiaceae</i>       |             |                      | 1                    |               |               | 1             |              |                      |
| 石 松 属 <i>Lycopodium</i>       |             |                      |                      |               |               |               |              | 2<br>(0.5)           |
| 水龙骨科 <i>Polypodiaceae</i>     | 62<br>(14)  | 160<br>(24.8)        | 56<br>(6.1)          | 98<br>(24.8)  | 107<br>(19.2) | 155<br>(29.4) | 7            | 107<br>(26.5)        |
| 瓦 韦 属 <i>Lepisorus</i>        |             |                      |                      |               |               |               | 7            | 90<br>(22.3)         |
| 卷 柏 属 <i>Selaginella</i>      |             |                      |                      |               | 3<br>(0.5)    |               |              | 1                    |
| 阴地蕨属 <i>Botrychium</i>        |             |                      |                      |               |               |               |              |                      |
| 蕨类植物孢子总数及百分比                  | 64<br>(14)  | 183<br>(28.4)        | 66<br>(6.8)          | 110<br>(27.8) | 142<br>(26)   | 309<br>(58.7) | 14           | 253<br>(62.6)        |
| 香 蒲 <i>Typha</i>              | 4           |                      |                      |               |               |               |              |                      |

续表 1

| NO.9         | NO.10      | NO.11      | NO.12   | NO.13 | NO.14   | NO.15      | NO.16  | NO.17    | NO.18        | NO.19 |
|--------------|------------|------------|---------|-------|---------|------------|--------|----------|--------------|-------|
| 2.40         | 2.26       | 2.14       | 2.06    | 2.00  | 1.86    | 1.40       | 0.90   | 0.60     | 0.30         | 0.10  |
| 浅灰、褐黄色砂      | 棕色粉砂层(含粗砂) | 灰白及褐色斑点粉砂层 | 浅紫红色粉砂层 | 褐色粉砂层 | 浅灰黄色粉砂层 | 灰白、浅褐色亚粘土层 | 褐色含铁粗砂 | 灰色含砾石粗砂层 | 褐黄色细砂层       | 耕植土   |
|              |            |            |         |       |         |            |        |          |              |       |
| 1            |            |            |         |       |         |            |        |          | 1            |       |
|              |            |            | 2       |       | 3       |            |        |          |              |       |
| 46<br>(11.2) |            | 8          | 17      |       | 3       | 4          |        |          | 22<br>(11.8) | 3     |
| 2            |            |            | 1       |       |         |            |        |          |              |       |
|              |            |            |         |       |         |            |        |          |              |       |
|              |            |            |         |       |         |            |        |          |              |       |
|              |            |            |         |       |         |            |        |          |              |       |
| 9<br>(2.1)   |            |            |         |       |         |            |        |          |              | 1     |
|              |            |            |         |       |         |            |        |          |              |       |
|              |            |            |         |       |         |            |        |          |              |       |
| 6<br>(1.4)   |            |            |         |       |         |            |        |          |              |       |
| 78<br>(19)   |            |            | 4       |       | 3       |            |        |          | 5<br>(2.7)   | 3     |
| 53<br>(12.9) |            |            |         |       |         |            |        |          |              |       |
|              |            |            |         |       |         |            |        |          |              |       |
|              |            |            |         |       |         |            |        |          | 1            |       |
| 148<br>(36)  |            |            | 5       |       | 3       |            |        |          | 6<br>(3.2)   | 4     |
|              |            |            |         |       |         |            |        |          |              |       |

| 样 品 编 号                   | NO.1         | NO.2                 | NO.3                 | NO.4          | NO.5           | NO.6         | NO.7         | NO.8                 |
|---------------------------|--------------|----------------------|----------------------|---------------|----------------|--------------|--------------|----------------------|
| 样品深度 (m)                  | 4.60         | 4.20                 | 3.90                 | 3.50          | 3.30           | 3.16         | 3.30         | 2.70                 |
| 样 品 岩 性                   | 杂 色<br>粘土层   | 含植物木<br>材 粉 砂<br>土 层 | 含植物木<br>材 粉 砂<br>土 层 | 浅紫红色<br>粉 砂 层 | 黄 褐 色<br>粉 砂 层 | 浅灰色<br>粉 砂 层 | 褐黄色<br>粉 砂 层 | 灰黑色含<br>炭 质 亚<br>粘 土 |
| 狐 尾 藻 <i>Myriophyllum</i> | 29<br>(6.5)  |                      |                      |               |                |              |              |                      |
| 双 星 藻 <i>Zygnema</i>      | 15<br>(3.3)• |                      |                      |               |                | 8<br>(1.5)   |              |                      |
| 水生植物孢粉总数及百分比              | 48<br>(10.7) |                      |                      |               |                | 8<br>(1.5)   |              |                      |
| 指 环 孢                     |              |                      |                      |               | 2              |              |              | 5<br>(1.2)           |
| 未能鉴定花粉                    |              |                      | 5<br>(1.2)           |               |                | 1            |              |                      |
|                           |              |                      |                      |               |                |              |              |                      |

注：括号内为占孢粉总数的百分比                      \* 括号内百分比只作参考

续表 1

| NO.9      | NO.10      | NO.11      | NO.12   | NO.13 | NO.14   | NO.15       | NO.16  | NO.17    | NO.18  | NO.19 |
|-----------|------------|------------|---------|-------|---------|-------------|--------|----------|--------|-------|
| 2.40      | 2.26       | 2.14       | 2.06    | 2.00  | 1.86    | 1.40        | 0.90   | 0.60     | 0.30   | 0.10  |
| 浅灰、褐黄色粉砂层 | 棕色粉砂层(含粗砂) | 灰白及褐色斑点粉砂层 | 浅紫红色粉砂层 | 褐色粉砂层 | 浅灰黄色粉砂层 | 灰白、浅褐黄色亚粘土层 | 褐色含铁粗砂 | 灰色含砾石粗砂层 | 褐黄色细砂层 | 耕植土   |
|           |            |            |         |       |         |             |        |          |        |       |
|           |            |            |         |       |         |             |        |          |        |       |
|           |            |            |         |       |         |             |        |          |        |       |
|           |            |            | 1       |       | 1       |             |        |          |        |       |
|           |            | 2          |         |       |         |             |        |          |        |       |
|           |            |            |         |       |         |             |        |          |        |       |

中科院植物所图书馆



S0015473

|      |         |
|------|---------|
| 收到期  | 87.3.23 |
| 来源   | 赠送      |
| 书价   | 8.40元   |
| 单据号  |         |
| 开票日期 |         |



24370

58.18  
144

书 名 考 藏 子 反 研 究 —— 提 断

山 考 家 专 集 (二)

| 借者姓名 | 借出日期       | 还书日期 |
|------|------------|------|
| 傅健   | 2015.10.11 |      |
| 马安   | 2019.4.23  |      |
| 熊小凤  | 2020.7.17  |      |
|      | 2020.11.28 |      |

分 类 编 号

登 记 号

58.18  
144

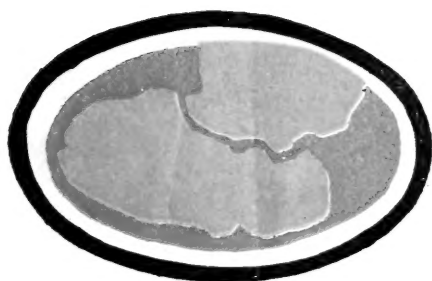
24370

读 者 注 意

1. 爱护公共图书切勿任意卷折和涂写，损坏或遗失照章赔偿。
2. 请在借书期限前送还以便他人阅读请赐予合作。

成1106-1

责任编辑：李玉琰  
封面设计：巨德云



书号：13274·012  
定价：8.40 元